

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE ACERO
DRAMIX® 5D 65/60 BG EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE JAÉN-
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”**

TESIS PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Anderson Abelino Núñez Huamán

Asesor:

M.Cs. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas

Jaén – Perú

2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Anderson Abelino Núñez Huamán
DNI: 76394588
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE ACERO DRAMIX® 5D 65/60 BG EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE JAÉN-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA'.
- Fecha de evaluación:** 27/11/2023
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 23%
- Código Documento:** oid:3117:289894929
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 28/11/2023



FIRMA DEL ASESOR

DR. ING. Mauro Augusto Centurión Vargas
DNI: 26604421



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258801 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 13/03/2024 22:49:42-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A Dios por sobre todas las cosas; por la fuerza y perseverancia necesarias para culminar esta presente investigación.

A mis padres que fueron soporte y motivación para seguir adelante.

A mi asesor, el M.Cs. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas, por el apoyo brindado como guía constante en el desarrollo de esta presente tesis.

Y, a todas las personas que me brindaron su apoyo y su tiempo durante el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, Sr. Abelino Nuñez Herrera y Sra. Giovanny Huaman Oblitas, quienes siempre confiaron en mí, y me apoyaron durante el desarrollo de toda mi carrera.

A todos mis familiares y seres queridos, que son siempre mi motivación e inspiración, que me recordaron siempre la importancia de luchar por nuestras metas.

Anderson Abelino Nuñez Huaman

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE ECUACIONES	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 SELECCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.4 LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.1.1 Internacionales	5
2.1.2 Nacionales	6
2.1.3 Locales	7
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1 CONCRETO.....	8
2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO	11
2.2.4 FIBRA DE ACERO DRAMIX® TIPO 5D 65/60 BG.....	19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	21
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 HIPÓTESIS	22
3.1.1 Hipótesis general	22
3.1.2 Hipótesis específicas	22
3.2 VARIABLES	22

3.2.1	Variable independiente	22
3.2.2	Variable dependiente	22
3.3	METODOLOGÍA	23
3.3.1	Tipo de estudio	23
3.3.2	Diseño	23
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.4.1	Población	24
3.4.2	Muestra	24
3.4.3	Unidad de análisis.....	25
3.5	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	25
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.7	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	25
3.8	PROCEDIMIENTO	26
3.8.1	Ubicación geográfica	26
3.8.2	Cantera	26
3.8.3	Selección de los componentes del concreto	28
3.8.4	Extracción y preparación de las muestras	29
3.8.5	Reducción de las muestras de agregados a tamaño de ensayo.....	30
3.8.6	Contenido de humedad.....	31
3.8.7	Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200	32
3.8.8	Análisis granulométrico de los agregados.....	34
3.8.9	Peso específico y absorción del agregado fino	34
3.8.10	Peso específico y absorción del agregado grueso	35
3.8.11	Peso unitario de los agregados	36
3.8.12	DISEÑO DE MEZCLA – COMITÉ ACI 211	37
3.8.13	ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO	48
3.8.14	ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO	52
3.8.15	ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO	54
3.8.16	Evaluación del grado de control de los especímenes	55
	CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
4.1	Presentación de resultados	56
4.1.1	Propiedades físicas de los agregados de la cantera “Manuel Olano SAC”	56
4.1.2	Resultados de las pruebas de revenimiento o Slump	57
4.1.3	Resultados del peso unitario del concreto en estado fresco	59

4.1.4	Resultados de los especímenes a compresión	61
4.2	Análisis e interpretación y discusión de resultados.....	77
4.3	Contrastación de hipótesis.....	85
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		86
5.1	Conclusiones	86
5.2	Recomendaciones.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.	Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto.	8
Figura N°2.	Esquema de los patrones de tipos de fracturas	11
Figura N°3.	Geometría de la fibra Dramix 5D 65/60 BG	20
Figura N°4.	Ubicación política de la ciudad de Jaén.	26
Figura N°5.	Ubicación de la cantera “MANUEL OLANO SAC”	27
Figura N°6.	Asentamiento del concreto con diferentes dosificaciones de fibras.....	58
Figura N°7.	Medida del revenimiento o Slump	59
Figura N°8.	Peso Unitario del concreto fresco ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	61
Figura N°9.	Peso unitario del concreto fresco por muestra	61
Figura N°10.	Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.	66
Figura N°11.	Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días.	71
Figura N°12.	Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días	76
Figura N°13.	Evolución del concreto a compresión a la edad de 7 días	78
Figura N°14.	Evolución del concreto a compresión a la edad de 14 días	79
Figura N°15.	Evolución del concreto a compresión a la edad de 28 días	80
Figura N°16.	Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 1% de fibra de acero 82	
Figura N°17.	Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 1.5% de F.A.....	83
Figura N°18.	Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 2% de fibra de acero 84	
Figura N°19.	Resumen general de los ensayos a compresión.....	84
Figura N°20.	Obtención de agregado grueso de la cantera “Manuel Olano SAC”	106
Figura N°21.	Obtención de agregado fino de la cantera “Manuel Olano SAC”	106
Figura N°22.	Procedimiento de cuarteo para la selección de muestras de los agregados..	107
Figura N°23.	Ejecución de los ensayos de granulometría de los agregados.....	107
Figura N°24.	Pesaje de la muestra de agregado grueso para ensayo de granulometría	107

Figura N°25.	Realización del peso unitario suelto.....	108
Figura N°26.	Ejecución del peso unitario varillado.....	108
Figura N°27.	Realización del peso específico y absorción del agregado fino.....	108
Figura N°28.	Secado de muestras.....	109
Figura N°29.	Realización de lavado por tamiz normalizado N°200.....	109
Figura N°30.	Elaboracion de concreto con incorporacion de fibra de acero al 1%.....	110
Figura N°31.	Concreto con incorporación de fibra de acero Dramix.....	110
Figura N°32.	Rotura de testigos de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	111
Figura N°33.	Rotura de testigos de concreto con adición de fibra de acero.....	111
Figura N°34.	Rotura de testigos a la edad de 28 días.....	112
Figura N°35.	Fallas típicas en los especímenes ensayados.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1.	Clases de mezclas según su asentamiento y método de compactación.....	10
Tabla N°2.	Limites granulométricos para el agregado fino.....	13
Tabla N°3.	Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	13
Tabla N°4.	Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	13
Tabla N°5.	Requisitos para el agua de mezclado.....	18
Tabla N°6.	Resumen metodológico.....	23
Tabla N°7.	Descripción de las muestras.....	23
Tabla N°8.	Detalle de muestras y edad de ensayos a compresión.....	24
Tabla N°9.	Composición química del Cemento Pacasmayo Tipo I.....	28
Tabla N°10.	Propiedades físicas del Cemento Pacasmayo Tipo I.....	28
Tabla N°11.	Medidas de las muestras.....	30
Tabla N°12.	Tamaño de la muestra de agregado para ensayo de humedad.....	32
Tabla N°13.	Cantidad mínima de muestra de ensayo.....	33
Tabla N°14.	Resumen general de las propiedades de los agregados.....	37
Tabla N°15.	Esfuerzo promedio requerido a compresión $F'_{cr} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	38
Tabla N°16.	Asentamientos adecuados para varios tipos de consistencia.....	38
Tabla N°17.	Volumen unitario de agua de mezcla.....	39
Tabla N°18.	Relación Agua-Cemento de diseño en peso de concreto.....	39
Tabla N°19.	Interpolación para hallar la relación agua-cemento (a/c).....	40
Tabla N°20.	Contenido porcentual de aire atrapado.....	41

Tabla N°21.	Valor volumétrico de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	41
Tabla N°22.	Valores de interpolación para determinación del volumen de A.G.	42
Tabla N°23.	Proporciones en peso de los componentes de la mezcla	44
Tabla N°24.	Resumen de la dosificación del concreto por metro cubico	45
Tabla N°25.	Porcentaje de material del diseño respecto al peso unitario del concreto	46
Tabla N°26.	Masa de fibras metálicas Dramix 5D a usar por m ³ de concreto	46
Tabla N°27.	Dosificación de la mezcla al 1% de incorporación de fibra de acero Dramix	47
Tabla N°28.	Dosificación al 1.50 % de incorporación de fibra de acero Dramix	47
Tabla N°29.	Dosificación al 2.00 % de incorporación de fibra de acero Dramix	48
Tabla N°30.	Numero de capas establecidas por espécimen o testigo	50
Tabla N°31.	Diámetro de la varilla a usar al moldear especímenes de concreto.	51
Tabla N°32.	Desviación estándar para grados de control de datos muestrales.	55
Tabla N°33.	Coefficiente de variación para diversos grados de control.	56
Tabla N°34.	Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado grueso.	56
Tabla N°35.	Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado fino.	57
Tabla N°36.	Asentamiento del concreto patrón $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concretos reforzados.	57
Tabla N°37.	Asentamiento del concreto en mm y pulg. de las diferentes dosificaciones.	58
Tabla N°38.	Peso Unitario del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco.	59
Tabla N°39.	Límites para un concreto de peso unitario normal típico.	60
Tabla N°40.	Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 7 días	62
Tabla N°41.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 7 días	63
Tabla N°42.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 7 días	64
Tabla N°43.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 7 días	65
Tabla N°44.	Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 7 días.	66
Tabla N°45.	Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 14 días	67
Tabla N°46.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 14 días	68
Tabla N°47.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 14 días	69

Tabla N°48.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 14 días	70
Tabla N°49.	Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 14 días.....	71
Tabla N°50.	Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 28 días	72
Tabla N°51.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 28 días	73
Tabla N°52.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 28 días	74
Tabla N°53.	Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 28 días	75
Tabla N°54.	Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 28 días.....	76
Tabla N°55.	Comparación de los resultados y su % de influencia de la fibra de acero	77
Tabla N°56.	Comparación de los resultados y su influencia de la fibra de acero en el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días	79
Tabla N°57.	Comparación de los resultados y su influencia de la fibra de acero en el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días	80
Tabla N°58.	Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 1% de fibra de acero Dramix	81
Tabla N°59.	Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 1.50% de fibra de acero Dramix	82
Tabla N°60.	Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 2% de fibra de acero Dramix	83
Tabla N°61.	Resumen general de los ensayos a compresión.....	84
Tabla N°62.	Comparativo de la influencia de la fibra en el concreto.....	85
Tabla N°63.	Contenido de humedad del agregado fino.....	90
Tabla N°64.	Contenido de humedad del agregado grueso.....	90
Tabla N°65.	Análisis granulométrico del agregado fino	91
Tabla N°66.	Análisis granulométrico del agregado grueso	92
Tabla N°67.	Curva granulométrica del agregado fino.....	93
Tabla N°68.	Curva granulométrica del agregado grueso.....	93
Tabla N°69.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	94
Tabla N°70.	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	94
Tabla N°71.	Peso unitario del agregado fino.....	95

Tabla N°72.	Peso unitario del agregado grueso.....	95
Tabla N°73.	Material fino que pasa el tamiz normalizado N°200 (Agregado Fino)	96
Tabla N°74.	Material fino que pasa el tamiz normalizado N°200 (Agregado Grueso).....	96
Tabla N°75.	Cantidad de material para 0.12 m ³ de concreto patrón f'c=210 kg/cm ²	96
Tabla N°76.	Rendimiento del concreto patrón f'c=210 kg/cm ²	97
Tabla N°77.	Cantidad de material por tanda de 0.12 m ³ de concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación del 1% de fibra de acero respecto a su volumen.	97
Tabla N°78.	Rendimiento del concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación de fibras de acero al 1% respecto a su volumen.	97
Tabla N°79.	Cantidad de material por tanda de 0.12 m ³ de concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación del 1.50 % de fibra de acero respecto a su volumen.	98
Tabla N°80.	Rendimiento del concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación de fibras de acero al 1.50% respecto a su volumen.	98
Tabla N°81.	Cantidad de material por tanda de 0.12 m ³ de concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación del 2 % de fibra de acero respecto a su volumen.	98
Tabla N°82.	Rendimiento del concreto f'c=210 kg/cm ² con incorporación de fibras de acero al 2% respecto a su volumen.	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion N°1.	Módulo de Finura	14
Ecuacion N°2.	Peso Unitario de los agregados (Densidad de Masa)	14
Ecuacion N°3.	Densidad relativa (Peso Específico) del agregado fino (OD)	15
Ecuacion N°4.	Densidad relativa del agregado fino (Peso Específico) (SSD).....	15
Ecuacion N°5.	Densidad relativa aparente del agregado fino (G. especifica aparente)	15
Ecuacion N°6.	Densidad relativa del agregado grueso (Gravedad especifica) (OD).....	16
Ecuacion N°7.	Densidad relativa del agregado grueso (Gravedad especifica) (SSD)	16
Ecuacion N°8.	Densidad relativa aparente del agregado grueso (G. Especifica Aparente) ...	16
Ecuacion N°9.	Porcentaje de Absorción del agregado fino.....	16
Ecuacion N°10.	Porcentaje de Absorción del agregado grueso	17
Ecuacion N°11.	Contenido de humedad.....	17
Ecuacion N°12.	Porcentaje de finos que pasa por el tamiz normalizado N°200.....	18
Ecuacion N°13.	Esfuerzo promedio requerido a compresión (F'cr)	38
Ecuacion N°14.	Contenido de Cemento	40

Ecuacion N°15. Volumen total de concreto para determinación del agregado fino.....	42
Ecuacion N°16. Corrección por Humedad	43
Ecuacion N°17. Corrección por Absorción	43
Ecuacion N°18. Agua efectiva.....	44
Ecuacion N°19. Determinación del diseño teórico húmedo.....	44
Ecuacion N°20. Masa óptima de concreto al 1% de incorporación de fibra	47
Ecuacion N°21. Masa óptima de concreto al 1% de incorporación de fibra	47
Ecuacion N°22. Masa óptima de concreto al 2.00 % de incorporación de fibra	48
Ecuacion N°23. Determinación del Peso Unitario del concreto fresco.....	53
Ecuacion N°24. Rendimiento del concreto.....	53
Ecuacion N°25. Resistencia del concreto a la compresión.....	54
Ecuacion N°26. Resistencia promedio de los especímenes.....	55
Ecuacion N°27. Varianza	55
Ecuacion N°28. Desviación estándar.....	55
Ecuacion N°29. Coeficiente de variación.....	56

ANEXOS

ANEXO N°1. Propiedades físicas de los agregados de la cantera “Olano SAC”	90
ANEXO N°2. Rendimiento del concreto en estado fresco.....	96
ANEXO N°3. Ficha técnica de la fibra de acero Dramix 5D	100
ANEXO N°4. Constancia de ejecución de ensayos de materiales	101
ANEXO N°5. Registro de la propiedad industrial del laboratorio	102
ANEXO N°6. Certificación de calibración de equipos	103
ANEXO N°7. PANEL FOTOGRÁFICO	106

RESUMEN

Por motivos, de que una de las causas por lo que las estructuras fallan, es a consecuencia de la mala calidad de los concretos elaborados; es pertinente considerar una correcta dosificación e incrementar su resistencia a la compresión, incorporando fibras metálicas Dramix 5D en el concreto, como refuerzo. Del estudio experimental se diseñó un concreto patrón con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, modificando su dosificación con la incorporación de la fibra antes mencionada, en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% respecto del peso unitario del concreto patrón. El diseño de mezcla se realizó por método del comité ACI-211 para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, los ensayos de los materiales fueron realizados según las normas NTP y ASTM. Los agregados fueron proveídos de la cantera Manuel Olano SAC ubicada en el KM-5 de la carretera Chamaya – Jaén, y cemento Pacasmayo tipo I. Esta investigación se basó íntimamente en la comparación y análisis de los resultados de los ensayos a compresión de un concreto patrón con tres concretos incorporados al 1%, 1.5% y 2% con fibras de acero Dramix, considerando dosificaciones en peso de 24 kg, 34 kg y 46 kg por metro cubico de concreto elaborado. Además, se consideró las observaciones en la influencia de la consistencia y trabajabilidad del concreto, concluyendo que la incorporación de fibra de acero Dramix es indirectamente proporcional a la consistencia del mismo, por ende, influye significativamente en la trabajabilidad. De los resultados a compresión evaluados a la edad de 28 días, se concluyó que, la resistencia a la compresión disminuye en 4.58% para una dosificación del 1% de fibra de acero, mientras que, para las dosificaciones del 1.5% y 2%, se presenta un incremento en la resistencia a la compresión del 2.12% y 7.52%, respectivamente. Como base para las comparaciones se usó los resultados de los especímenes a compresión del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Todos los resultados expresados, fueron determinados en base a una comparación y análisis respecto de los valores del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Del análisis de los resultados evaluados de las tres incorporaciones (1%, 1.5% y 2%), resulta favorable el uso de fibra de acero Dramix 5D en porcentaje de incorporación del 2%, ya que hay un incremento superior al 7% en la resistencia a compresión.

Palabras clave: concreto, fibra metálica, incremento, resistencia a la compresión, concreto reforzado, consistencia.

ABSTRACT

For reasons, one of the reasons why structures fail is as a result of the poor quality of the concrete produced; It is pertinent to consider a correct dosage and increase its compressive resistance, incorporating Dramix 5D metal fibers in the concrete, as reinforcement. From the experimental study, a standard concrete was designed with resistance $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, modifying its dosage with the incorporation of the aforementioned fiber, in percentages of 1%, 1.5% and 2% with respect to the unit weight of the standard concrete. The mix design was carried out using the ACI-211 committee method for a resistance of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, the materials tests were carried out according to NTP and ASTM standards. The aggregates were supplied from the Manuel Olano SAC quarry located at KM-5 of the Chamaya – Jaén highway, and Pacasmayo type I cement. This research was closely based on the comparison and analysis of the results of the compression tests of a concrete. pattern with three concretes incorporated at 1%, 1.5% and 2% with Dramix steel fibers, considering weight dosages of 24 kg, 34 kg and 46 kg per cubic meter of prepared concrete. In addition, the observations on the influence of the consistency and workability of the concrete were considered, concluding that the incorporation of Dramix steel fiber is indirectly proportional to its consistency, therefore, it significantly influences the workability. From the compression results evaluated at the age of 28 days, it was concluded that the compressive strength decreases by 4.58% for a dosage of 1% of steel fiber, while, for the dosages of 1.5% and 2%, There is an increase in compressive strength of 2.12% and 7.52%, respectively. As a basis for comparisons, the results of the compression specimens of the standard concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ were used. All the results expressed were determined based on a comparison and analysis with respect to the values of the standard concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. From the analysis of the evaluated results of the three incorporations (1%, 1.5% and 2%), the use of Dramix 5D steel fiber in an incorporation percentage of 2% is favorable, since there is an increase of more than 7% in the compression resistance.

Keywords: concrete, metallic fiber, increase, compressive strength, reinforced concrete, consistency.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El concreto es el resultado de mezclar cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. Y es el segundo material más consumido en el mundo, después del agua. Tiene características que lo hacen único para soportar grandes esfuerzos a compresión. El concreto en su estado fresco puede ser incorporado una serie de aditivos o fibras como resultado de mejorar o adaptar sus características mecánicas.

Actualmente en la producción de concreto se viene incorporando fibras metálicas, con la finalidad de mejorar su resistencia a la compresión para tener un mejor desempeño. Por tal motivo parte esta investigación, para lo cual se pretende medir la influencia de un tipo de fibra metálica en concretos con resistencia típica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que frecuentemente es la resistencia de muchos proyectos en la provincia de Jaén.

Investigaciones a nivel nacional e internacional sobre concretos con la incorporación de diferentes fibras metálicas muestran resultados positivos en la resistencia del concreto sometidos a esfuerzos de compresión, según determinada dosificación, dado que, al incorporar un tipo de fibra metálica mejora las propiedades físico mecánicas del concreto y genera una resistencia porcentual extra como factor de seguridad óptimo para que cualquier tipo de estructuras no colapsen velozmente ante cualquier evento de gran magnitud.

Mediante esta evaluación, con el presente plan de tesis se requiere investigar sobre la “INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE ACERO DRAMIX® 5D 65/60 BG EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ EN LA CIUDAD DE JAÉN-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 SELECCIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Jaén tiene una alta demanda constructiva con uso de concreto, pudiendo este material ser utilizado para múltiples propósitos. Dado su importancia en nuestro entorno, el concreto es objeto de estudio constante, ya que las condiciones de aplicación no resultan las mismas para un determinado diseño de mezcla. Además, existen factores que influyen en el concreto como la calidad, cantidad y densidad de la pasta que resultan determinantes en sus propiedades y factores externos como el curado y múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto modificándolo.

Según Rivva, E. (2007), el concreto es desconocido en mucho de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales, ello constituye un permanente desafío para el ingeniero responsable de la selección de las proporciones de los materiales de la unidad cúbica de concreto.

El mejoramiento de la resistencia del concreto, se ha venido experimentando con materiales que, al ser incorporados, mejoran sus propiedades del concreto en cuanto a la flexión y tracción, ya que, para estos esfuerzos el concreto presente una resistencia muy baja. Dado el caso, es indispensable determinar la influencia que tienen estas incorporaciones en su función ideal del concreto, que es la alta resistencia a esfuerzos de compresión.

Siendo el concreto un material tan importante, actualmente, existe una serie de incorporaciones de fibras metálicas que pueden servir como refuerzo y que porcentualmente modifican su propiedad a compresión del concreto, el cual comprueba que constantemente requiere de investigaciones que demuestren sus modificaciones en su función ideal. Para la presente investigación, alternativamente se propuso la adición de fibras de acero Dramix® Tipo 5D 65/60 BG, que se adiciona en la mezcla de concreto, con el objetivo de evaluar el mejoramiento de su resistencia a esfuerzos compresión.

La incertidumbre en cuanto a la incorporación de este elemento sin considerar sus propiedades no garantiza cuanta influencia tienen en la resistencia a la compresión del concreto. Es el caso que esta investigación elabora, compara y analiza el comportamiento del concreto a compresión adicionado fibra de acero Dramix® tipo 5D 65/60 BG en 3 diferentes porcentajes (1%, 1.5% y 2%), tomando en cuenta para la comparación un concreto típico $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De lo anteriormente descrito, planteamos:

¿Cuánto influye en la resistencia a la compresión del concreto típico $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ la incorporación de la fibra de acero Dramix® Tipo 5D 65/60 BG?

1.1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tanto a nivel nacional como a nivel local, el consumo de grandes volúmenes de concreto crea una continua necesidad de mejorar la resistencia del concreto con materiales no convencionales e incorporaciones de fibras. La presente investigación toma en base esta necesidad de mejoramiento de la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto reforzado con un tipo de fibra metálica el cual cumpla las exigencias de un concreto con mejor resistencia y rigidez. El concreto reforzado con fibras no tiene uso específico, sino que es utilizado en diferentes tipos de elementos como vigas, losas, muros, pavimentos, etc. Teniendo en consideración la función ideal del concreto, las incorporaciones de fibras metálicas requieren de un análisis de respuesta e influencia en el concreto y determinar sus beneficios. Con la adición de fibras Dramix® Tipo 5D 65/60 BG, es necesario determinar los criterios básicos de dosificación e influencia en el concreto; por lo tanto, se considera importante realizar esta investigación ya que los resultados sirvan para la utilidad de lograr concretos con resistencias específicas mejoradas dando así a la estructura un factor de seguridad óptimo y tenga la capacidad de perdurar en el tiempo.

Esta investigación se ejecuta con la finalidad de determinar la influencia de la fibra metálica (Dramix® Tipo 5D 65/60 BG) en la resistencia a compresión del concreto típico $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la provincia de Jaén - Departamento de Cajamarca.

1.1.4 LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

LIMITACIONES

La presente investigación se limita a un análisis comparativo del comportamiento del concreto sometido a esfuerzos de compresión, con resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuya incorporación de refuerzo es la fibra de acero Dramix® Tipo 5D 65/60 BG, (en proporciones de 23, 34 y 46 kg/m^3 de concreto), agregados extraídos del río Chamaya, proporcionados por la empresa “Manuel Olano SAC” de la ciudad de Jaén y cemento Pacasmayo tipo I.

Para el análisis comparativo se obtendrá los resultados de los ensayos de rotura de especímenes patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sin refuerzo y especímenes con incorporación de la fibra de acero Dramix® Tipo 5D 65/60 BG en proporciones de 1%, 1,5% y 2% respecto del peso unitario del concreto, valores que determinaran el comportamiento porcentual a compresión de la fibra de acero en el concreto.

RESTRICCIONES

- El concreto obtenido con adición de la fibra de acero Dramix tipo 5D 65/60 BG no se ha evaluado en condiciones como cuando está expuesto a sulfatos y sales.
- Respecto a la fibra de acero, no se encuentran con facilidad en el mercado ya que su utilidad no es común en nuestro medio.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

- Determinar la influencia de la incorporación de la fibra Dramix® 5D Tipo 5D 65/60 BG en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados convencionales y la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporaciones del 1%, 1.5% y 2% de fibras de acero (Dramix Tipo 5D 65/60 BG) respecto de su peso unitario.
- Comparar y analizar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con adición de fibras Dramix® Tipo 5D 65/60 BG en porcentajes del 1%, 1.5% y 2%, respecto de su peso unitario.
- Evaluar el Slump en función de cada proporción porcentual (1%, 1.5% y 2%) de incorporación de fibra de acero.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacionales

Castiblanco & Carrero (2015) “*Estudio Teórico y Experimental del Comportamiento del Hormigón con Materiales no Convencionales: Fibras de vidrio y Fibra de Carbono, Sometido a Esfuerzos de Compresión*”. (Universidad Católica de Colombia, Bogotá).

Estudiaron el comportamiento del concreto sometido a compresión, en el cual se encontró información a partir de ensayos de laboratorio implementando probetas cilíndricas de concreto con incorporación de fibras de vidrio y carbono. Sus resultados mostraron un incremento de 45% en comparación del concreto convencional, con adición de tan solo un 0.85 de fibra de vidrio, determinando que con cantidades mínimas se puede obtener mejoras porcentuales elevadas.

Mármol, P. (2010) “*Hormigones con fibra de acero, características mecánicas*”. (Madrid – España).

Investigó cómo afectaba la adición de fibras de acero a las propiedades mecánicas del concreto. Llegó a la conclusión de que la adición de fibras suele mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Las fibras de polipropileno, por su parte, son menos adecuadas para aplicaciones estructurales debido a su módulo de elasticidad inferior al del concreto; sin embargo, su creciente uso es resultado del aumento de la resistencia al impacto y la disminución del rebote en concretos proyectados. Las fibras de acero, por su parte, tienen la desventaja de ser más costosas que las fibras de vidrio y polipropileno y de reducir la trabajabilidad del hormigón.

López, J. (2015) “*Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado*”. (México D.F. – México).

Utilizó macrofibras de polipropileno (MAC Matriz) y fibra de acero DRAMIX (RC 65/35 BN) para hacer mezclas de concreto. Se produjeron ocho mezclas en total: una era una mezcla de control (mezcla patrón) sin fibra, tres tenían fibras de acero cortas para porcentajes volumétricos de 0.5, 0.75 y 1.0% (0, 40, 60 y 80 kg/m³), y cuatro tenían macrofibras de polipropileno para porcentajes volumétricos de 2.3, 4.6, 7.0 y 9.3 kg/m³) para las ocho combinaciones. El estudio concluye que, al comparar el comportamiento del concreto con diversos tipos y consumo de fibras con el del mismo concreto sin fibras, la adición de fibras de

acero no altera significativamente la resistencia a compresión a los 28 días; sin embargo, a los 90 días de edad, la resistencia disminuye hasta un 9% para la mezcla con un consumo de fibra de 60 kg/m³. En cuanto a las macrofibras de polipropileno, resulta en un incremento mínimo a las edades de 28 y 90 días, a la resistencia a la compresión, en comparación al concreto sin adición de fibras, además, considerando el módulo de elasticidad del concreto con adición de fibra corta de acero, este se incrementa en un 5% (valor promedio); y en cuanto a las macrofibras de polipropileno, esta baja ligeramente, en comparación del concreto sin adición de fibra.

2.1.2 Nacionales

Ramos, N. (2019). “*Análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero*”. (Trabajo de Graduación para conferírsele el Título de Ingeniero Civil, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA).

El estudio llega a las siguientes conclusiones: Al comparar los resultados de los ensayos de compresión, se observa que el hormigón reforzado con fibra de acero reduce la resistencia hasta un 7,152%, el hormigón reforzado con fibra de polipropileno aumenta la resistencia hasta un 5,705%, y el hormigón reforzado con ambas fibras aumenta la resistencia hasta un 9. 639%. En la prueba de flexión, los resultados muestran que el hormigón reforzado con fibra de acero, polipropileno y ambas fibras exhiben aumentos de hasta 23,066%, 11,333% y 15,192%, respectivamente; y cuando los resultados se comparan con los obtenidos de la compresión diagonal, los resultados muestran que el hormigón reforzado con fibra de acero, polipropileno y ambas fibras exhiben aumentos de hasta 19,329%, 12,278% y 16,382%, respectivamente.

Gutiérrez, R & Palomino, K. (2015). “*Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica*”. (UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, AREQUIPA).

Conclusiones: Cuando se añade fibra CHO 80/60 en dosis de 20, 25 y 30 kg/m³, la resistencia de 175 kg/cm² aumenta hasta un 43%, 57% y 29%, respectivamente. Con 2, 5,5 y 9 kg/m³ de fibra PP65, el aumento es de hasta un 24%, 18% y 7%, respectivamente.

Cuando se añade fibra CHO 80/60 en dosis de 20, 25 y 30 kg/m³, la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² aumenta hasta un 21%, 24% y 30%, respectivamente. Con 2, 5,5 y 9 kg/m³ de fibra PP65, el aumento es de hasta un 19%, 15% y 8%, respectivamente.

Cusquisiván, M. & Sáenz, J. (2017). “*Comparación de la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de acero con respecto al concreto tradicional para pavimentos rígidos*”. (Cajamarca – Perú).

La resistencia a la flexión del concreto con los diseños $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2 , que se consideraron muestras patrón, se comparó con la del concreto al que se había añadido fibra de acero SIKA FIBER CHO 80/60 en porcentajes variables (0,8%, 1,0% y 1,2%).

Se observó que la resistencia a la flexión aumenta en un 8,03%, 14,03% y 8,35%, respectivamente, para el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para el $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en 7,82% para el 0,8%, y disminuye en un 14,09% y 9,4%, respectivamente, para los casos de 1,0% y 1,2%.

Condori, J. (2016) “*Análisis de la incidencia de las fibras de acero Dramix en el comportamiento elástico del concreto empleando el cemento portland tipo IP*”. (Tesis profesional para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez).

Al comparar el comportamiento de la resistencia a la compresión del hormigón a los 7, 14 y 28 días de su elaboración, el hormigón adicionado con fibras de acero Dramix obtuvo una resistencia superior a la del hormigón convencional. La adición de fibras Dramix tuvo un impacto significativo en el comportamiento elástico del hormigón. El módulo de elasticidad del hormigón con fibras de acero Dramix fue superior al del hormigón convencional.

Aunque las fibras de acero pueden funcionar estructuralmente, no pueden sustituir al acero convencional en la mayoría de sus aplicaciones. Cuando se añaden fibras de acero al hormigón, la consistencia de la mezcla disminuye y se aconseja realizar estudios con otros tipos de fibras porque pueden revelar las propiedades específicas de las fibras.

2.1.3 Locales

Actualmente en la provincia de Jaén aún no se ha investigado sobre este tipo de fibras. No existen contenidos relacionados.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONCRETO

2.2.1.1 Definición

El concreto es un material muy resistente y duradero, actualmente es el material más usado que moldea nuestro entorno, debido a sus características y propiedades de resistencia.

Es el resultado de combinar agregados finos y gruesos con material aglomerante (conglomerante). El concreto ordinario suele contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos, además de agua y cemento portland, que se utilizan como aglomerante. (NTP 339.047).

Según NTP E.060 Concreto Armado. (2020). El concreto es el resultado de mezclar cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

<i>Aire = 1% a 3%</i>
<i>Cemento = 7% a 15%</i>
<i>Agua = 15% a 22%</i>
<i>Agregados = 60% a 75%</i>

Figura N°1. Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto.

Fuente: Pasquel (1998)

2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado fresco

Las propiedades más importantes del concreto en estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario.

Como requisitos básicos de la mezcla recién preparada esta deberá tener trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima. (Rivva, 2000).

Para esta presente investigación se desarrollará, como requisitos mínimos, las propiedades de trabajabilidad y consistencia.

a) Trabajabilidad

Se define a esta propiedad como la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto. (Pasquel, 1999).

Según Rivva (2000), define a la trabajabilidad como la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar concreto, y luego este puede ser, para condiciones dadas en obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. Esta propiedad está determinada por las características, granulometría y proporción de los agregados fino y grueso.

b) Consistencia o Fluidéz

Según Rivva (2000), es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, es función de su contenido de agua y de la granulometría y características físicas del agregado. Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

Según Abanto (2009), está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Para esta propiedad se realiza la prueba consistencia también llamado revenimiento o "Slump test" para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

Tabla N°1. Clases de mezclas según su asentamiento y método de compactación

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
SECA	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
PLÁSTICA	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera
FLUIDA	> 5"	muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto (2009)

c) Cohesividad

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. (Rivva, 2000).

2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido

Las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia. (Rivva, 2000)

2.2.1.4 Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse.

Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

Además, es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. (Rivva, 2007)

Prueba de resistencia a la compresión del concreto

Normativa: NTP 339.034/ ASTM C39

Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla.

La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. Los resultados son usados como una referencia para el control de calidad del concreto. (NTP 339.034).

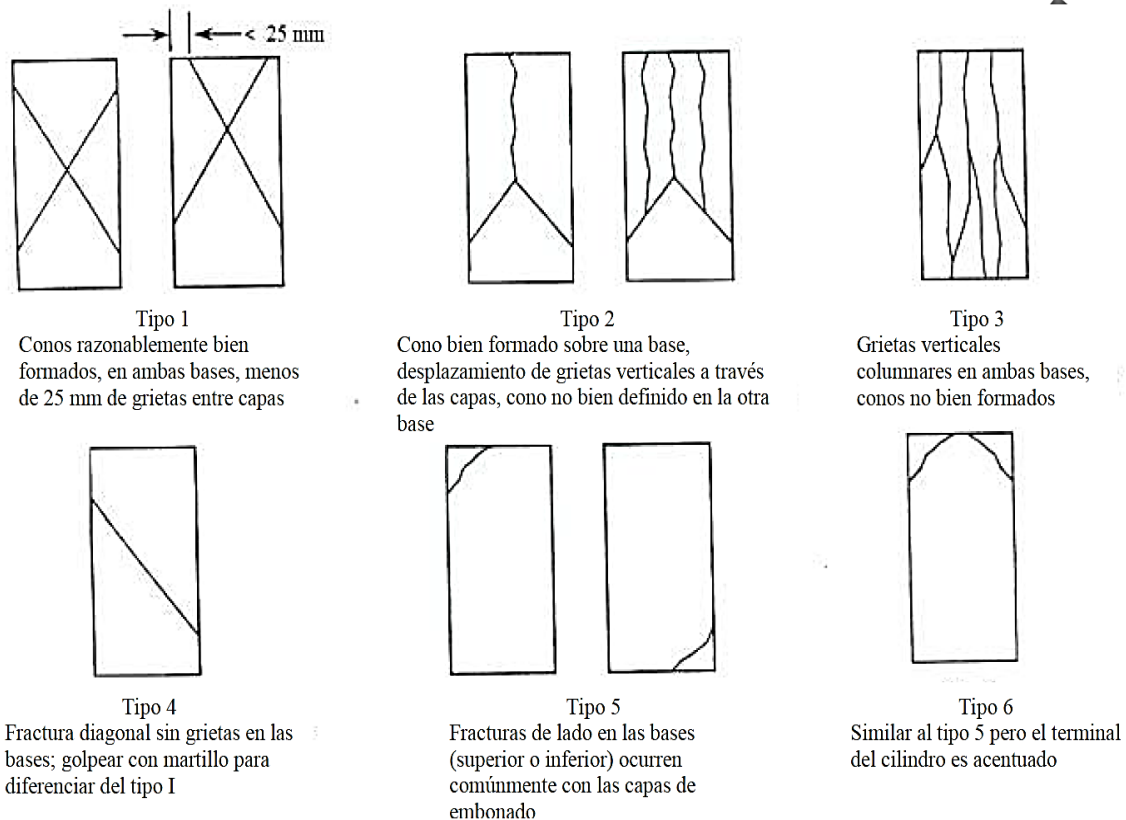


Figura N°2. Esquema de los patrones de tipos de fracturas

Fuente: NTP 339.034

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

Fundamentalmente se compone de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua.

2.2.2.1 CEMENTO

Rivva, (2000) define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

- Cemento Portland Normal

Es el producto obtenido por la pulverización de clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Los productos adicionados no deben de exceder el 1% en peso del total y deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. Debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 150 y NTP 334 039. (Rivva, 2000).

2.2.2.2 AGREGADOS

Material granular, tal como arena, grava, piedra triturada, o escoria de hierro de alto horno, se utiliza con un medio de cementación para formar concreto hidráulico o mortero. (NTP 339.047)

- **Agregado fino**

La NTP 400.037 define como: "Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz normalizado 75 μ m (No.200); deberá cumplir con las especificaciones establecidos en la presente norma".

- **Agregado grueso**

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente norma. (NTP 400.037)

Características de los agregados para el concreto

1°. Tamaño máximo nominal

Corresponde al tamiz más pequeño del conjunto utilizado para el procesamiento, en el que se crea el primer retenido.

Según la Norma Técnica Peruana E.060-Concreto Armado del RNE, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe de ser superior a ninguna de:

- a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- b) 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.
- c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones.

2°. Granulometría

Representa la distribución de tamaño del agregado.

La NTP 400.012 especifica el método de separación por tamiz y determina la masa de la fracción total retenida en cada tamiz. Finalmente se calcula el peso retenido y/o movido, así como los porcentajes parciales y totales.

Agregado fino

El agregado fino debe tener la granulometría según los siguientes límites:

Tabla N°2. *Limites granulométricos para el agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (NO. 100)	0 a 10
75 µm (No. 200)	0 a 3 (a, b)

Fuente: NTP 400.037

Donde: a: para concreto no sujeto a la abrasión, b: para agregado fino artificial u otros reciclados. Según NTP 400.012 la cantidad de la toma de la muestra para ser ensayado, luego del secado, será de 300 g mínimo.

Agregado grueso

La cantidad de la muestra de ensayo se basa en los requerimientos de la siguiente tabla.

Tabla N°3. *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012

Y, el análisis granulométrico deberá cumplir con los requisitos de la tabla N° 4 según el tamaño especificado.

Tabla N°4. Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 um (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19 mm a 4 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

3°.Módulo de finura (MF)

Factor determinado por la suma de los porcentajes acumulados de la muestra total en cada tamiz de la serie especificada y dividido por 100. (NTP 400.011)

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 3" (NTP 400.012)

Ecuacion N°1. *Módulo de Finura*

$$MF = \frac{\sum(\text{N}^\circ 100, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 4, \frac{3}{8}" , \frac{3}{4}" , 1\frac{1}{2}" , 3")}{100}$$

4°.Peso unitario (Densidad de masa)

Se usa para conocer los valores de densidad de masa que son necesarios, para usos en muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concretos. (NTP 400.017)

Cálculo para hallar la Densidad de masa, según norma NTP 400.017

Ecuacion N°2. *Peso Unitario de los agregados (Densidad de Masa)*

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = M, kg (G = T + Agregado)

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

Teniendo, la siguiente ecuación, para el volumen del recipiente:

$$V = \frac{W - M}{D}$$

Donde:

D = densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³

W = masa del agua, placa de vidrio, y recipiente, kg

M = masa de la placa de vidrio y recipiente, kg

5°.Peso específico y absorción

La NTP 400.022 define como: “**Peso específico de masa:** es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre gas”.

Del agregado fino:

Densidad relativa (peso específico o gravedad específica)

Procedimiento gravimétrico sobre la base del agregado secado al horno (OD)

Ecuacion N°3. *Densidad relativa (Peso Específico) del agregado fino (OD)*

$$Densidad\ Relativa = \frac{A}{B + S - C}$$

Procedimiento gravimétrico, en base al agregado saturado y superficialmente seco (SSD)

Ecuacion N°4. *Densidad relativa del agregado fino (Peso Específico) (SSD)*

$$Densidad\ Relativa = \frac{S}{B + S - C}$$

Donde:

A = masa de la muestra seca al horno, g.

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g.

S = masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos), g.

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g.

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)

Ecuacion N°5. *Densidad relativa aparente del agregado fino (G. específica aparente)*

$$Densidad\ relativa\ aparente = \frac{A}{B + A - C}$$

Del agregado grueso:

A continuación, se describe la ecuación N°6, N°7; N°8, N°9 y N°10 según NTP 400.021.

Densidad relativa (gravedad específica) (OD): a cuenta del agregado secado al horno.

Ecuación N°6. *Densidad relativa del agregado grueso (Gravedad específica) (OD)*

$$Densidad\ relativa = \frac{A}{B - C}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSD): en base al agregado de superficie seca y saturada.

Ecuación N°7. *Densidad relativa del agregado grueso (Gravedad específica) (SSD)*

$$Densidad\ relativa = \frac{B}{B - C}$$

Donde:

A = masa de la muestra secada al horno en aire, g.

B = masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g.

C = masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g.

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)

Ecuación N°8. *Densidad relativa aparente del agregado grueso (G. Específica Aparente)*

$$Densidad\ relativa\ aparente = \frac{A}{A - C}$$

Absorción: Definida como el aumento de masa total debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un cierto período de tiempo, pero no incluye el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresada como porcentaje de la masa seca.

Ecuación N°9. *Porcentaje de Absorción del agregado fino*

$$Absorción, \% = 100 \left[\frac{S - A}{A} \right]$$

Ecuacion N°10. *Porcentaje de Absorción del agregado grueso*

$$\text{Absorción, \%} = 100 \left[\frac{B - A}{A} \right]$$

6°. Contenido de humedad

Definido como la cantidad de agua contenida en los agregados. De manera óptima, el agregado debe estar en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. (NTP 339.185, 2013)

Ecuacion N°11. *Contenido de humedad*

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Donde:

P = contenido total de humedad evaporable de la muestra, en porcentaje

W = masa de la muestra húmeda original, en gramos

D = masa de la muestra seca, en gramos

7°. Materiales más finos por lavado de agregados

La arcilla puede estar presente en el agregado en forma de recubrimiento superficial que interfiere en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento. Puesto que es indispensable una buena adherencia para obtener una resistencia satisfactoria y buena durabilidad del concreto, el problema de los recubrimientos de arcilla resulta muy importante.

El limo y los polvos muy finos pueden formar recubrimientos similares a los de arcilla, o pueden aparecer en forma de partículas sueltas, no adheridas al agregado grueso. Aun en esta última forma, el limo o el polvo fino no deben de exceder de cierta proporción pues, debido a su finura y a su gran área superficial, exceden en la cantidad de agua para humedecer todas las partículas de la mezcla. (Neville, 2013)

La Norma Técnica Peruana 400.018, describe el procedimiento por el cual se determina, por vía húmeda, el contenido de polvo y/o material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N°200), en el agregado a emplearse en la elaboración de concretos y morteros.

Calculo:

Ecuacion N°12. *Porcentaje de finos que pasa por el tamiz normalizado N°200*

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

Donde:

A = porcentaje del material más fino (pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N°200)) por vía húmeda.

P1 = peso seco de la muestra original, en gramos.

P2 = peso seco de la muestra ensayada, en gramos.

2.2.2.3 AGUA

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Abanto, 2009).

El agua a usar para la fabricación y curado del concreto es de preferencia potable y debe de cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088.

Tabla N°5. Requisitos para el agua de mezclado

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
<i>Cloruros</i>	<i>300 ppm</i>
<i>Sulfatos</i>	<i>300 ppm</i>
<i>Sales de magnesio</i>	<i>150 ppm</i>
<i>Sales solubles</i>	<i>1500 ppm</i>
<i>PH.</i>	<i>Mayor que 7</i>
<i>Solidos en suspensión</i>	<i>1500 ppm</i>
<i>Materia orgánica</i>	<i>10 ppm</i>

Fuente: NTP 339.088

Según la norma NTP 339.088, se consideran aptas para la preparación y el curado del concreto, las aguas cuyas propiedades y sustancias disueltas se encuentran dentro de los siguientes límites:

- a. El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3 ppm).
- b. El contenido de residuo insoluble no será mayor que 5 gr/l (5000 ppm).
- c. El pH estará comprendido entre 5,5 y 8,0.
- d. El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor que 0,6 gr/l (600 ppm).
- e. El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- f. El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).

2.2.4 FIBRA DE ACERO DRAMIX® TIPO 5D 65/60 BG

Dramix® 5d 65/60 BG son fibras de acero trefilado en frío de alta calidad para el reforzamiento del concreto. Está diseñada para aplicaciones estructurales. Por sus características permanece totalmente anclada dentro del concreto. Al igual que las barras de armadura, el acero se alarga lentamente soportando las tensiones de tracción. Dramix® cumple con la norma técnica ASTM A820.

Se agrega a los elementos estructurales de hormigón para ayudar a soportar toda la carga de estructuras de ingeniería civil, así garantiza la integridad de la estructura en la cual fue empleada, dando resistencia, durabilidad y fiabilidad que son de suma importancia en una estructura.

Las fibras Dramix® Tipo 5D 65/60 BG trabajan de manera combinada con otras soluciones de refuerzo o solo fibras para dependiendo la aplicación o diseño.

Propiedades del material

- ✓ Tiene una resistencia nominal a la tracción de 2300 N/mm^2
- ✓ Módulo de Young de $200\,000 \text{ N/mm}^2$ y,
- ✓ Deformación máxima en tracción del 6%.

Según Ficha Técnica Dramix 5D 65/60 BG, se trata de fibras de acero con una alta relación longitud/diámetro, lo que permite una alta eficiencia con menos fibra. Tiene una longitud de 60 mm con extremos geométricos angulares, un diámetro de 0.9 mm y una esbeltez de 65.

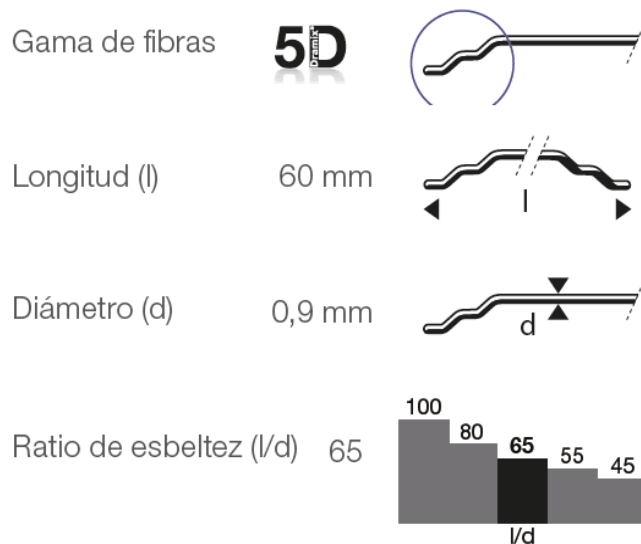


Figura N°3. Geometría de la fibra Dramix 5D 65/60 BG

Fuente: Ficha técnica Dramix® 5D 65/60 BG

Ventajas

- Las fibras de acero Dramix® están unidas con cola soluble en agua. La cola ayuda a evitar la formación de bolas de fibras durante el amasado y garantiza una distribución homogénea de las fibras en toda la mezcla de hormigón(concreto).
- Alta resistencia a la tracción.
- Alta ductilidad del alambre.
- Reducción de riesgos.
- Superficie de concreto más duradera.

2.2.4.1 Dosificación para la presente investigación

De acuerdo a las investigaciones descritas anteriormente, indican que porcentajes desde el 0.8% de incorporación de fibra de acero, la influencia de la fibra de acero resulta considerable en la resistencia a la compresión del concreto, además con cantidades mínimas se puede llegar a mejorar la resistencia a la compresión (Castiblanco y Carrero (2015)).

Entonces, para desarrollo de la presente investigación, los porcentajes adoptados de incorporación de fibra de acero Dramix 5D es de 1%, 1,5% y 2% con respecto al peso unitario del concreto patrón, resultando, 23 kg/m³, 34 kg/m³ y 46 kg/m³, respectivamente.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Agregados: material granular como arena, grava, piedra triturada, o escoria de alto horno, se utiliza junto con un agente cementante para producir concreto o mortero de cemento hidráulico o mortero. *[NTP 339.047-2014 (Revisada el 2019)]*

Agregado fino: Agregado artificial de rocas o piedras procedentes de disgregación natural o artificial, que cumple las limitaciones de la NTP 400.037, y pasa a través del tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg). *[NTP 400.011-2008 (2ª Edición)]*

Agregado grueso: árido procedente de la disgregación natural o artificial de la roca que queda retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (Nº 4) y se ajusta a las limitaciones establecidas en la NTP 400.037. *[NTP 400.011-2008 (2ª Edición)]*

Cemento Portland: cemento hidráulico fabricado por molienda de clinker de Portland que se compone principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y suele incluir uno o más tipos de sulfato cálcico como adición de molienda. *[NTP 334.001-2011 (3ª Edición)]*

Curado: medidas adoptadas para mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla de cementosa recién colocada para permitir la hidratación del cemento hidráulico y (si es necesario) las reacciones puzolánicas, de modo que se puedan desarrollar las propiedades potenciales de la mezcla. *[NTP 339.047-2014 (Revisada el 2019)]*

Dosificación: Proporción, en masa o en volumen de los distintos materiales que integran una mezcla. *[NTP 334.001-2011 (3ª Edición)]*

Granulometría: muestra la distribución de tamaños del agregado. Mediante la determinación de la masa de las fracciones de árido retenidas en cada tamiz, la NTP 400.012 especifica el proceso para su distribución por tamizado. Finalmente, se computan los porcentajes parciales y acumulativos junto con la masa retenida y/o pasante. *[NTP 400.011-2008 (2ª Edición)]*

Tamaño máximo: corresponde al tamaño en que toda la muestra del agregado grueso pasa por el tamiz más pequeño. *[NTP 400.011-2008 (2ª Edición)]*

Tamaño máximo nominal: corresponde al menor tamiz que produce el primer retenido, cuyo valor debe de estar entre el 5% y 10%. *[NTP 400.037-2013]*

Concreto: es mezcla de agregados finos y gruesos con conglomerado (aglutinante). El concreto normal suele contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos, además de agua y cemento portland, que se utilizan como aglomerante. *[NTP 339.047-2014 (Revisada el 2019)]*

Fibras: filamentos delgados de materiales naturales o fabricados, que pueden ser distribuidos de manera uniforme en una mezcla de cementosa fresca de haces, redes, o hebras. [NTP 339.047-2014 (Revisada el 2019)]

Resistencia a la compresión: Durante la falla, los cilindros moldeados o las extracciones diamantinas se someten a una carga de compresión axial aplicada a una velocidad normalizada dentro de un intervalo especificado. El área de la sección recta de la probeta dividida por la carga máxima alcanzada durante el ensayo, arroja la resistencia a la compresión de la probeta. Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas de conformidad con las normas NTP 339.033, NTP 339.183, NTP 339.037 Y NTP 339.216 y los métodos de ensayo de las normas NTP 339.059 Y NTP 339.214. [NTP 339. 034-2015]

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis general

- La incorporación de la fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG en el concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ incrementa su resistencia a la compresión del concreto en un 25%.

3.1.2 Hipótesis específicas

- La incorporación de la fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG mejora las propiedades que posee el concreto en estado fresco.
- A mayor porcentaje de incorporación de fibra de acero Dramix 5D, la resistencia a la compresión del concreto se incrementa en mayor porcentaje respecto al concreto patrón.

3.2 VARIABLES

3.2.1 Variable independiente

- Porcentaje de reemplazo de agregado fino, agregado grueso y cemento por Fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG.

3.2.2 Variable dependiente

- Resistencia del concreto a compresión.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Tipo de estudio

Tipo, Nivel, Diseño Y Método De Investigación

Tabla N°6. Resumen metodológico

Indicador	Tipo
Tipo de investigación	Cuantitativa
Nivel de investigación	Aplicativa
Diseño de prueba de hipótesis	Experimental
Método de estudio	Correlacional
Fuente de datos	Primaria

Tipo de investigación: se utilizó un diseño de investigación cuantitativo en función a la manipulación de la incorporación de la fibra de acero Dramix 5D, midiendo el efecto en la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Nivel de investigación: el estudio es de nivel aplicativo, enfocado en la manipulación de la incorporación de fibras de acero en el comportamiento del concreto normal $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Diseño de la investigación: la investigación es experimental, ya que se ejecutarán una serie de pruebas para corroborar la hipótesis planteada.

3.3.2 Diseño

La prueba de hipótesis está determinada por un estudio de tipo experimental correspondiente a muestras de concreto cilíndricas sometidos a compresión, tal cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla N°7. Descripción de las muestras

Tipo de ensayo	Incorporación de fibra	N° de Muestras	Total
Compresión	(Concreto patrón) 0.0%	21	84
	1.0%	21	
	1.5%	21	
	2.0%	21	

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La población de estudio es de 84 probetas estándar de concreto, con un total de 21 unidades elaboradas de concreto patrón (sin incorporación de fibra) y 63 unidades con incorporación de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG.

3.4.2 Muestra

La muestra está referida a especímenes de concreto, ensayados a compresión a 7, 14 y 28 días respectivamente, con 21 probetas con 0% de incorporación de fibra de acero Dramix Tipo 5D (denominado concreto patrón), 21 probetas con 1% de incorporación de fibra de acero Dramix Tipo 5D, 21 probetas con 1.5% de incorporación de fibra de acero Dramix Tipo 5D, 21 probetas con 2% de incorporación de fibras de acero Dramix Tipo 5D en el concreto sometido a compresión, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N°8. *Detalle de muestras y edad de ensayos a compresión*

Concreto patrón				
Tipo de ensayo	Incorporación de fibra	Edad	N° de Muestras	Parcial
Compresión	0.0%	7	7	21
		14	7	
		28	7	
Concreto con incorporación de fibra Dramix 5D				
Compresión	1.0 %	7	7	21
		14	7	
		28	7	
Compresión	1.5 %	7	7	21
		14	7	
		28	7	
Compresión	2.0 %	7	7	21
		14	7	
		28	7	
TOTAL				84 Und.

3.4.3 Unidad de análisis

Esta referido a especímenes cilíndricos de concreto también llamados probetas (estándar) de 0.30 m de altura x 0.15 m de diámetro.

3.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Es de tipo descriptivo, basado en la obtención de las características de los agregados mediante ensayos de laboratorio, tomando en cuenta que el diseño óptimo de un concreto con incorporación de fibras de acero (Dramix tipo 5D) requiere especificar propiedades del concreto, características, relación y comparación de variables (causa-efecto).

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas:

Revisión bibliográfica: se utilizó a fuentes de información originales, incluyendo, trabajos de investigación nacionales e internacionales, además de reglamentos y normas vigentes aplicables para esta presente investigación, artículos científicos y páginas de internet.

Ensayos de laboratorio: se obtuvo los valores característicos de los agregados y las probetas mediante procedimientos normativos vigentes.

Observación: se realizó con la finalidad de hacer caracterización de fallas y toma de muestras.

Instrumentos

Formatos para ensayos de materiales: conformados por características de los agregados que se obtendrán al ser ensayados.

Formatos para ensayos de compresión: registros conformados por parámetros característicos para ensayos de probetas.

3.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

- ✓ De los ensayos a compresión, se realizará el análisis de los resultados de las probetas elaboradas con adición de fibra de acero (Dramix 5D) y de las probetas sin adición, mediante técnicas estadísticas de organización de datos.
- ✓ Se comparará los resultados de las probetas de concreto producidas con adición de fibra de acero y las probetas hechas sin adición o de concreto convencional.

- ✓ Se efectuarán gráficas, tablas, análisis e interpretación de los resultados y finalmente la formulación de conclusiones y recomendaciones.
- ✓ Se procesarán los formatos con los datos obtenidos mediante programas como Microsoft Excel y Word.

3.8 PROCEDIMIENTO

3.8.1 Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la provincia y distrito de Jaén, departamento de Cajamarca, desarrollándose en el laboratorio de ensayos de materiales de la empresa CEIMSUP Suelos y Pavimentos SAC.

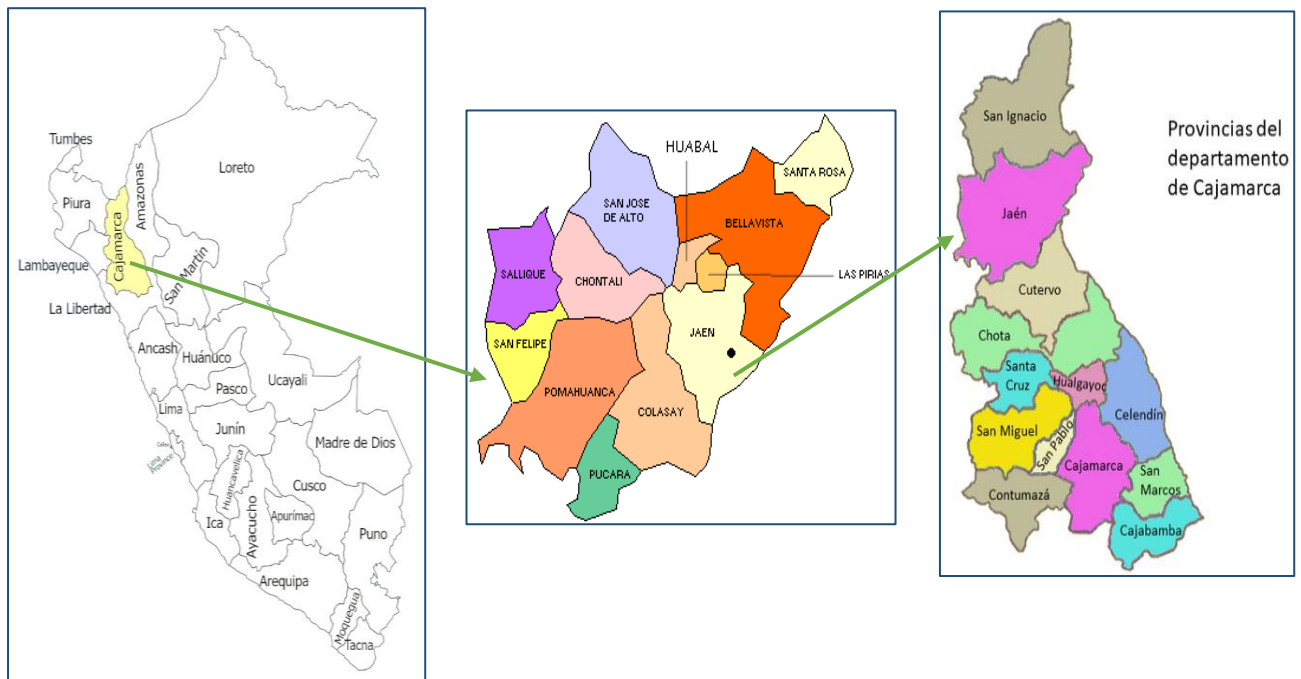


Figura N°4. Ubicación política de la ciudad de Jaén.

3.8.2 Cantera

La cantera seleccionada es la cantera “MANUEL OLANO SAC”, que se encuentra ubicado en el Km-5 de la carretera Chamaya – Jaén.

Ubicación geográfica de la cantera “OLANO”

Coordenada norte: 9358405.0000

Coordenada este: 745962.0000

Altitud: 663 msnm

Zona: 17



Figura N°5. Ubicación de la cantera “MANUEL OLANO SAC”

Fuente: Google Earth Pro

Tiempo de la realización de la investigación

La presente investigación tiene un lapso de 6 meses para su desarrollo, iniciando en el mes de enero y culminando en el mes de junio del 2023.

3.8.3 Selección de los componentes del concreto

Cemento

El cemento a utilizar es el Cemento Portland Tipo I fabricado por la empresa Pacasmayo.

Tabla N°9. Composición química del Cemento Pacasmayo Tipo I

COMPOSICIÓN QUÍMICA	CPSAA	Requisito NTP 334.009/ASTM C150
MgO	% 2.30	Máximo 6.0
SO3	% 2.70	Máximo 3
Perdida por Ignición	% 3.00	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	% 0.92	Máximo 1.5

Fuente: Ficha Técnica Cementos Pacasmayo SAA

Tabla N°10. Propiedades físicas del Cemento Pacasmayo Tipo I

PROPIEDADES FÍSICAS	CPSAA	Requisito NTP 334.009/ASTM C150
Contenido de aire	% 7.00	Máximo 12
Expansión en Autoclave	% 0.09	Máximo 0.8
Superficie Especifica	cm ² /g 3750.00	Máximo 2800
Densidad	g/ml 3.10	No Especifica
Tiempo de Fraguado Vicat:		
Fraguado Inicial	min 138	Mínimo 45
Fraguado Final	min 267	Máximo 375

Fuente: Ficha Técnica Cementos Pacasmayo SAA

Agua

El agua a utilizar es potable, suministrado por la Empresa EPS Marañón al laboratorio de Suelos y Pavimentos CEIMSUP SAC, por lo tanto, si cumple con los requisitos de la norma NTP 339.088.

Agregado fino

El agregado a utilizarse se obtuvo de la cantera “Manuel Olano”, ubicada en el km-5 de la carretera Chamaya-Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Agregado grueso

El agregado grueso a utilizar se obtuvo de la cantera “Manuel Olano”, ubicada en el Km-5 de la carretera Chamaya-Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Se tomo en consideración trabajar con un TMN de 1/2”.

Fibra de acero Dramix

- Fue adquirido de la empresa Prodac S.A.

ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

3.8.4 Extracción y preparación de las muestras

Norma Técnica Peruana 400.010

El muestreo y el ensayo son importantes, dado el caso, el operador debe procurar obtener las muestras que reflejen fielmente el tipo y el estado del material que presenten.

Dado que establece la idoneidad de su uso, la investigación preliminar y el muestreo de posibles canteras de áridos ocupan un lugar crucial.

El tipo de construcción y el aspecto financiero del proyecto se verán influidos por el control de calidad del material, necesario para garantizar la longevidad de la estructura acabada.

Es recomendable evitar el muestreo de las primeras o las ultimas toneladas de material que se descargan de un depósito o cinta transportadora, ya que aumenta el riesgo de obtener material separado.

Tabla N°11. Medidas de las muestras

Tamaño agregado ^A	Masa de la muestra de campo, min. kg^B (lbs)	Muestra de campo Volumen, min L (Gal)
Agregado fino		
2,36 mm [No. 8]	10[22]	8 [2]
4,75 mm [No. 4]	10[22]	8 [2]
Agregado grueso		
9,5 mm [3/8 in.]	10[22]	8 [2]
12,5 mm [1/2 in.]	15[35]	12 [3]
19,0 mm [3/4 in.]	25[55]	20 [5]
25,0 mm [1 in.]	50[110]	40 [10]
37,5 mm [1 1/2 in.]	75[165]	60 [15]
50,00 mm [2 in.]	100[220]	80 [21]
63,00 mm [2 1/2 in.]	125[275]	100 [26]
75,00 mm [3 in.]	150[330]	120 [32]
90,00 mm [3 1/2 in.]	175[385]	140 [37]

Fuente: NTP 400.010

^A: para agregado procesado, el tamaño máximo nominal por la adecuada especificación o descripción. Si la especificación o descripción no indica un tamaño máximo nominal (por ejemplo, un tamaño de tamiz indicando 90-100% de paso), usar el tamaño máximo (que el tamiz indique el 100% de paso).

^B: para agregado combinado grueso y fino la masa de muestra, será la mínima del agregado grueso más 10 kg.

- Transportar los agregados en bolsas u otros contenedores contruidos como para prevenir pérdidas o contaminación de cualquier parte de la muestra; o daños al contenido por el manipuleo durante el transporte.

3.8.5 Reducción de las muestras de agregados a tamaño de ensayo.

Norma Técnica Peruana 400.043

Este método establece los procedimientos para reducir una muestra de gran volumen obtenida en el campo o producida en el laboratorio a un tamaño conveniente para desarrollar un numero

de ensayos que describan el material y midan su calidad, de tal manera que la pequeña porción de muestra de ensayo sea representativa de la muestra mayor, por consiguiente, del total suministrado.

Agregado fino: utilizar un cuarteador mecánico de acuerdo con el método A para reducir el tamaño de la muestra del agregado fino más seco de los secados a la condición de agregado saturado con superficie seca. Las muestras con humedad libre en las partículas pueden hacerse más pequeñas mediante el proceso de cuarteo de acuerdo con el método B o mediante el tratamiento del método C, que consiste en hacer pilas diminutas.

Agregado grueso: reducir la muestra usando el cuarteador mecánico de conformidad con el método A o por cuarteo de conformidad con el método B.

Método B: cuarteo. Es aplicable para agregado fino y grueso.

Aparatos:

- Pala plana
- Cuchara y brocha
- Base doble de plástico de 2.5 m.

Procedimiento:

- a. Colocar la muestra sobre una superficie en condición de soporte, limpia y nivelada.
- b. Mezclar por completo el material 3 veces por volteo.
- c. Presionar el apilamiento cónico y dividir la muestra en 4 partes iguales.
- d. Retirar los cuartos opuestos diagonalmente, y así continuamente mezclar y cuartear el material hasta que la muestra sea del tamaño requerido.

3.8.6 Contenido de humedad

El procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso mediante secado se describe en la NTP 339.185.

Norma Técnica Peruana 339.185

Aparatos:

- Balanza con sensibilidad y precisión al 0,1%
- Puente de calor: horno ventilado a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente para el procesamiento de la muestra
- Revolvedor: cuchara de metal o espátula.

Muestreo

Se ejecutará de acuerdo a lo descrito en la NTP 400.010.

Tabla N°12. Tamaño de la muestra de agregado para ensayo de humedad

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185

Procedimiento:

- Calcule la masa de la muestra con una aproximación del 0,1%.
- Utilice la fuente de calor seleccionada para secar completamente la muestra.
- Una vez que la muestra se haya secado y enfriado lo suficiente como para no dañar la balanza, calcule su masa con una aproximación del 0,1%.
- Utilice la ecuación N°11 para determinar el contenido de humedad.

Ver anexos: tablas N° 66 y N° 67, de esta presente investigación.

3.8.7 Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200

Se procedió conforme a lo indicado en la norma 400.018 (ASTM C 117). Al someter al agregado a un proceso de sedimentación y tamizado en húmedo, la idea básica del ensayo es evaluar el recubrimiento superficial que puede tener un árido como consecuencia del material fino y su potencial para afectar al rendimiento del concreto o mortero en el que pueda utilizarse.

Aparatos:

- Tamices: de 1,18 mm (N°16) y el de 75 µm (N°200)
- Recipiente: que pueda contener la muestra + agua (sobre) y permita la agitación
- Balanza: con precisión al 0,1% del peso de medida
- Estufa (Horno)
- Agente humectante: que permita la separación de los materiales más finos.

Muestreo:*Tabla N°13. Cantidad mínima de muestra de ensayo*

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, g
4,75 mm (No. 4) o más pequeño	300
9,5 mm (3/8 pulg)	1 000
19 mm (3/4 pulg)	2 500
37,5 mm (1 1/2 pulg) o más grande	5 000

Fuente: NTP 400.018

Procedimiento: lavado con agua

- Secar la muestra problema a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que alcance un peso constante.
- Calcular la cantidad de masa de la muestra problema con una aproximación del 0,1%.
- Después de introducir la muestra de ensayo en el recipiente, llenarlo con agua suficiente para cubrirla. Para separar todas las partículas más finas que el tamiz n.º 200 y poner en suspensión el material fino, agitar la muestra.
- Tan pronto como sea posible, verter el agua de lavado con los sólidos en suspensión sobre los tamices, empezando por el tamiz más grueso.
- Llenar el recipiente con una segunda carga de agua, agitar y decantar la muestra como antes. Continúe haciendo esto hasta que el agua de lavado sea cristalina.
- Determinar la masa con una aproximación del 0,1% de la original después de secar el agregado lavado hasta peso constante.
- Se procederá a calcular de acuerdo a la formula N°13.

Revisar anexos: tablas N° 76 y N° 77, de esta presente investigación.

3.8.8 Análisis granulométrico de los agregados

Se ha realizado conforme a la NTP 400.012, que especifica el procedimiento de tamizado para determinar la distribución granulométrica de los agregados finos y gruesos.

Aparatos:

- Balanza, para agregado fino exacta a 0,1 g y para agregado grueso exacta a 0,5 g o 0,1% de la masa de la muestra.
- Los tamices, deben de cumplir con la NTP 350.001, cuya numeración para agregado fino, corresponden los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N° 200 y para agregado grueso los tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4.
- Horno, será capaz de mantener una temperatura estable de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Muestreo:

Las muestras de agregados se recogieron en conformidad con la NTP 400.010. Siguiendo los pasos descritos en la práctica estándar ASTM C 702, combinar y reducir la cantidad necesaria.

Procedimiento:

- Secar la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que alcance un peso constante.
- Elegir los tamaños de tamiz adecuados para obtener los datos que exigen las especificaciones relativas al material que debe someterse a ensayo.
- Combinar la muestra de forma que cada tamiz no se sobrecargue de material.
- Siga tamizando durante un tiempo suficiente para que, tras un minuto de tamizado manual, no pase más del 1% de la masa del residuo por uno de los tamices.
- Utilice las muestras de áridos retenidas para pesar cada tamiz.
- Con una aproximación del 0,1% de la masa seca inicial de la muestra, calcule los porcentajes en cada tamiz, los porcentajes que pasan y los porcentajes totales retenidos.
- Calcular el porcentaje total que pasa por cada tamiz, el porcentaje que queda retenido en cada tamiz, el porcentaje acumulado y utilizar la fórmula N°1 para evaluar el módulo de finura, el tamaño máximo y el tamaño nominal máximo.

Para el presente ensayo se usaron 1000 gr de agregado fino y 3500 gr de agregado grueso, descritos en anexos, tablas N°68, N°69, N°70 y N°71 de esta presente investigación.

3.8.9 Peso específico y absorción del agregado fino

Se ejecutó de acuerdo a lo descrito en la Norma Técnica Peruana 400.022.

Aparatos

- Balanza, con precisión a 0,1 g y precisión de 0,1 % del peso de la muestra de ensayo.
- Picnómetro, con capacidad para 500 cm³
- Molde y barra compactadora
- Estufa

Procedimiento gravimétrico (picnómetro)

- Verter agua en el picnómetro hasta aproximadamente el 90% de su capacidad y, a continuación, añadir 500 g \pm 10 g de agregado superficial fino, seco y saturado. Remover a mano o mecánicamente.
- Para eliminar las burbujas de aire visibles, agitar manualmente, hacer rodar o invertir.
- Ajustar la temperatura del picnómetro y de su contenido a 23 °C \pm 2 °C.
- Sacar el agregado fino del picnómetro, enfriarlo y pesarlo después de secarlo en una estufa a 110 °C \pm 5 °C.
- Hallar la masa del picnómetro cuando se llena de agua a 23 °C \pm 2 °C, hasta su capacidad de calibración.
- Calcular de acuerdo a lo descrito en las ecuaciones N° 3, N°4, N°5 y N° 9.

Revisar anexos: tabla N°72, de esta presente investigación.

3.8.10 Peso específico y absorción del agregado grueso

Se ejecutó de acuerdo a lo descrito en la Norma Técnica Peruana 400.021 y ASTM C127, que describe el método de ensayo para determinar peso específico y absorción del agregado grueso.

Aparatos

- Balanza, sensible a 0,5 g.
- Recipiente para muestra
- Tanque de agua
- Tamices
- Estufa

Procedimiento

- Secar la muestra de ensayo en un horno a 110 °C \pm 5 °C hasta que alcance una masa constante.
- A continuación, sumérgjala en agua durante 24 horas \pm 4 horas.
- Sacar la muestra del agua y hacerla rodar sobre un trozo de tela absorbente hasta que

desaparezca toda el agua visible.

- Determinar la masa de la muestra de ensayo en el estado de superficie saturada seca.
- En cuanto se haya determinado la masa en el aire, poner la muestra saturada y secada en superficie en el recipiente de muestras y medir la masa aparente en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Secar la muestra en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que alcance una masa constante. A continuación, dejarla enfriar al aire y pesarla.
- Los valores obtenidos se calcularon de acuerdo a las ecuaciones N°6, N°7, N°8 y N°10.

Revisar anexos: se describe en la tabla N°73, de esta presente investigación.

3.8.11 Peso unitario de los agregados

En las normas NTP 400.017 y ASTM C29 se describe un procedimiento de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.

Aparatos

- Balanza con una graduación mínima de 0,05 kg y una precisión del 0,1% de la carga de ensayo.
- Una barra de apisonamiento de acero, redonda y lisa, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud.
- Recipiente cilíndrico metálico
- Pala o cucharón

Procedimiento

Procedimiento de apisonado

- Con los dedos, nivele la superficie después de añadir un tercio del líquido al recipiente. Utilice 25 golpes uniformemente espaciados de la barra de apisonado para compactar la capa de árido. Llene el recipiente hasta dos tercios de su capacidad, nivélelo y apisonelo una vez más.
- Calcule la masa del recipiente vacío y la masa del recipiente con su contenido, y registre los valores con una aproximación de 0,05 kg.

Procedimiento para peso suelto

- Con una pala o una cuchara, llene el recipiente hasta el borde, soltando el árido hasta un máximo de 50 mm por encima del borde superior del recipiente.
- Calcula la masa del recipiente vacío y la masa del recipiente con su contenido, y registra los valores con una precisión de 0,05 kg.
- Reemplazar los datos obtenidos en las fórmulas N° 2 y N° 3 para agregado fino y agregado grueso.

Ver resultados de ensayo en anexos: tablas N°74 y N°75, de la presente investigación.

3.8.12 DISEÑO DE MEZCLA – COMITÉ ACI 211

El presente desarrollo de diseño de mezcla corresponde al método ACI 211. El cual toma las características de los agregados para sus proporciones correspondientes a este método.

Tabla N°14. Resumen general de las propiedades de los agregados

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	AG. Fino	Ag. Grueso
Peso Unitario Suelto Seco	1699 kg/m ³	1446 kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1833 kg/m ³	1520 kg/m ³
Peso Específico de Masa	2.63 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³
Contenido de Humedad	3.44 %	0.69 %
Porcentaje de Absorción	1.85 %	0.76 %
Módulo de Fineza	2.75	----
Tamaño Máximo Nominal	----	1/2"
Peso Específico del Cemento	3.10 gr/cm ³	----

PASOS:

1. Cálculo de la resistencia promedio para el diseño

Denominado resistencia de la compresión promedio, se describe a continuación:

Tabla N°15. Esfuerzo promedio requerido a compresión F'_{cr} (kg/cm^2)

$F'c$	F'_{cr}
Menos de 210	$F'_{cr} + 70$
210 a 350	$F'_{cr} + 84$
Sobre 350	$F'_{cr} + 98$

Fuente: Comité ACI 211

El $F'c$ con el que se trabajará será de $210 kg/cm^2$, por lo tanto, el F'_{cr} corresponde a:

Ecuacion N°13. Esfuerzo promedio requerido a compresión (F'_{cr})

$$F'_{cr} = F'c + 84$$

$$F'_{cr} = 294 kg/cm^2$$

2. Selección del tamaño máximo nominal

Será determinado por la malla menor que produce el primer retenido según determine el ensayo de granulometría, descrito en la NTP 400.012.

Para el agregado grueso a usarse en esta presente investigación, según su análisis granulométrico, el agregado tiene un tamaño máximo nominal (TMN) de $\frac{1}{2}$ ".

3. Selección del asentamiento

La elección del asentamiento está determinada según el uso de la mezcla de concreto.

Tabla N°16. Asentamientos adecuados para varios tipos de consistencia

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	>5" (125 mm)

Fuente: ACI-211

Cuando se ejecute el diseño de la mezcla, la consistencia se podrá verificar mediante la prueba del cono de Abrams, determinando así la influencia de la adición de fibras Dramix en la trabajabilidad del concreto.

Se tomará en consideración una consistencia plástica, determinado entre 3" a 4" de asentamiento. **SLUMP: 3" a 4"**

4. Selección del volumen unitario de agua

La siguiente tabla, se determina la cantidad de agua útil para elaborar un metro cubico de concreto, teniendo en cuenta el asentamiento del concreto y el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.

Tabla N°17. Volumen unitario de agua de mezcla

Asentamiento	Agua, en lt/m^3 , para los Tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencias establecidas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin incorporación de aire								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
Concreto con incorporación de aire								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	....

Fuente: ACI 211

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, Slump entre 3" a 4" en un concreto sin aire incorporado con TMN de 1/2", el agua a usar es de **216** litros por metro cubico de concreto.

5. Selección de la relación agua/cemento (a/c)

Los valores de la relación agua/cemento se indican en la siguiente tabla, que tiene en cuenta la F'cr tanto para el concreto con aire incorporado como para el concreto sin aire incorporado. Es necesario considerar la interpolación para los valores de F'cr que no figuran en la tabla siguiente.

Tabla N°18. Relación Agua-Cemento de diseño en peso de concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días (F'cr)(kg/cm^2)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---

350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: ACI 211

Según los datos de los pasos anteriores, se tiene:

Tabla N°19. Interpolación para hallar la relación agua-cemento (a/c)

<i>R a/c</i>	
<i>F'cr</i>	294
250	0.62
294	X
300	0.55

$$\frac{300 - 250}{300 - 294} = \frac{0.55 - 0.62}{0.55 - X}$$

$$\mathbf{a/c = 0.56}$$

6. Contenido de cemento

Se determinará según la siguiente fórmula:

Ecuación N°14. *Contenido de Cemento*

$$\text{Contenido de cemento (C)} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación } \frac{A}{C}}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{216}{0.56}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \mathbf{386.82 \text{ kg}}$$

7. Cálculo del aire atrapado

Para su determinación se utilizará como base, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, según se indica en la siguiente tabla:

Tabla N°20. Contenido porcentual de aire atrapado

Tamaño Máxima Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: ACI 211

La mezcla tendrá un 2,5% de aire atrapado por el tamaño máximo nominal del agregado grueso que es 1/2".

8. Cantidad de agregado grueso

Se determinará de acuerdo a lo descrito en la siguiente tabla, se interpolará para valores de módulos de finura no descritos según la tabla.

Tabla N°21. Valor volumétrico de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidades de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.

Peso compactado seco (PCS)= X (volumen del A.G.) * Peso Unitario Compactado Seco

Con los valores de Modulo de Fineza = 2.75 y TMN = ½”, se tiene:

Tabla N°22. Valores de interpolación para determinación del volumen de A.G.

Valores de interpolación	
2.6	0.57
2.75	X
2.8	0.55

$$\frac{2.8 - 2.6}{2.8 - 2.75} = \frac{0.55 - 0.57}{0.55 - X}$$

$$X = 0.56$$

- ✓ Cálculo: Peso Unitario Compactado Seco = 0.56 x 1520
- ✓ Total, Peso Compactado Seco = **843.60 kg**

9. Cálculo del volumen total de concreto para determinación del agregado fino

Se determinará por la siguiente formula:

Ecuacion N°15. Volumen total de concreto para determinación del agregado fino

$$Volumen\ Absoluto = \frac{Peso\ Seco}{P.E. \times 1000}$$

- Se usará la fórmula para el cálculo del volumen total del cemento, agregado grueso, agua y aire, correspondiente a 1 m³
- El volumen total del agregado fino, se obtiene restando 1 m³ a la suma de los volúmenes totales obtenidos en el paso anterior.

$$Cemento = \frac{385.71}{3.10 \times 1000} = 0.1248 \text{ m}^3$$

$$Ag.\ Grueso = \frac{851.20}{2.65 \times 1000} = 0.3283 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{216}{1000} = 0.2160 \text{ m}^3$$

$$Aire = 2.5\% = \frac{2.5}{100} = 0.0250 m^3$$

$$\sum 0.6841 m^3$$

Volumen de agregado fino:

$$Vol. A. F = 1 - 0.6841 = 0.3159 m^3$$

$$0.3159 = \frac{Peso Seco}{2.63 \times 1000}$$

$$Peso Seco A. Fino = 830.7641 kg$$

Resumen del peso seco de los materiales componentes

- ✓ Cemento = 386.8195 kg
- ✓ Ag. Fino = 830.7641 kg
- ✓ Ag. Grueso = 843.6000 kg
- ✓ Agua = 216.0000 kg

10. Corrección por humedad

Se determinará usando la siguiente formula (aplicable para el agregado grueso y fino):

Ecuacion N°16. *Corrección por Humedad*

$$Peso \left(\frac{\% Humedad}{100} + 1 \right)$$

$$Ag. Fino = 824.242 \left(\frac{3.44}{100} + 1 \right) = 859.00 kg$$

$$Ag. Grueso = 851.20 * \left(\frac{0.69}{100} + 1 \right) = 849.00 kg$$

11. Corrección por absorción

Se determinará usando la siguiente formula (aplicable para el agregado grueso y fino):

Ecuacion N°17. *Corrección por Absorción*

$$Peso Seco x \left(\frac{\% Absorción - \% Humedad}{100} \right)$$

La sumatoria de ambos valores determina la proporción de *agua libre*.

$$Ag. Fino = 824.242 * \left(\frac{1.85 - 3.44}{100} \right) = -13.21$$

$$Ag. Grueso = 851.20 * \left(\frac{0.76 - 0.69}{100} \right) = -0.59$$

$$\sum = -12.62 \text{ litros de agua libre}$$

12. Agua efectiva

Se hará la corrección del agua de mezcla según la siguiente expresión:

Ecuacion N°18. *Agua efectiva*

$$Agua Efectiva = Agua de diseño + Agua Libre$$

$$Agua Efectiva = 216 + (-12.62) = \mathbf{203.38 \text{ litros}}$$

13. Determinación del diseño teórico húmedo

Se determinará la cantidad de cemento (c) tomando como valor el agua efectiva por corrección por absorción.

Ecuacion N°19. *Determinación del diseño teórico húmedo*

$$C = \frac{Agua Efectiva}{R a/c}$$

$$C = \frac{203.38}{0.56} = \mathbf{364.22 \text{ kg/m}^3}$$

14. Proporciones en peso

El valor de la cantidad de cemento se toma como único valor de proporción para el agregado fino, agregado grueso y el agua.

Tabla N°23. *Proporciones en peso de los componentes de la mezcla*

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
364	859	849	203
364	364	364	364
1.00 : 2.36 : 2.33			: con R a/c = 0.56

15. Proporciones en volumen

$$Prop. Vol. = \frac{Proporcion\ Peso * 42.5 * 35.31}{Peso\ Unitario\ Suelto\ Seco}$$

$$Cemento = 1\ pie^3$$

$$Ag. Fino = \frac{2.36 \times 42.5 \times 35.31}{1699} = 2.08\ pie^3$$

$$Ag. Grueso = \frac{2.33 \times 42.5 \times 35.31}{1446} = 2.42\ pie^3$$

$$Agua = 0.56 \times 42.5 = 23.80\ litros$$

Cemento Ag. Fino Ag. Grueso
1.00 : 2.08 : 2.42 : con 23.80 litros de agua

La dosificación por m³ de producción de concreto para una resistencia de f'c = 210 kg/cm² se describe en la siguiente tabla.

Tabla N°24. Resumen de la dosificación del concreto por metro cubico

Material	Cantidad
Cemento	364.0 kg
Agregado Fino	859.0 kg
Agregado Grueso	849.0 kg
Agua	203.0 litros

16. Cálculo de materiales para producir 21 probetas cilíndricas, o 0.12 m³ de concreto

$$Cemento = 43.7\ kg$$

$$Agua Efectiva = 24.4\ lt$$

$$Agregado Fino = 103.1\ kg$$

$$Agregado Grueso = 101.9\ kg$$

$$Aire Atrapado = 2.50\ \%$$

Modificaciones del diseño de mezcla, según el porcentaje de incorporación de fibra Dramix 5D.

Teniendo en cuenta el diseño de mezcla anteriormente descrito, se procederá a dosificar según el porcentaje de participación que tiene cada material en la mezcla.

En esta investigación, las dosis de fibras de acero fueron del 1%, 1,5% y 2% en relación con el peso unitario del concreto. Los porcentajes y cantidades de participación de cada material en el diseño de la mezcla, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°25. Porcentaje de material del diseño respecto al peso unitario del concreto

Material	Cantidad	Porcentaje
Cemento	364 kg	16.00 %
Agregado Fino	859 kg	37.75 %
Agregado Grueso	849 kg	37.31 %
Agua	203 kg	8.93 %
TOTAL	2276	

Ahora, tomando los porcentajes de dosificación de las fibras de acero, se calcula su masa para cada uno, teniendo:

Tabla N°26. Masa de fibras metálicas Dramix 5D a usar por m³ de concreto

Dosificación	Masa
1.00%	23.00 kg
1.50%	34.00 kg
2.00%	46.00 kg

La cantidad de masa determinada por el porcentaje de osificación de las fibras se disminuirá al peso unitario del concreto, por ello, se debe de volver a calcular la masa de cada material que conforman las mezcla.

1.-Diseño de mezcla con el 1.00 % de incorporación de fibras metálicas Dramix 5D respecto a su volumen unitario

El peso unitario del concreto de diseño patrón es de 2276 kg/m³. Además, el 1% de fibra de acero Dramix 5D es de 23 kg. Por lo tanto, se procede a restar dichas masas.

Ecuacion N°20. *Masa optima de concreto al 1% de incorporación de fibra*

$$\text{Masa optima al 1\%} = 2276 \text{ kg} - 23 \text{ kg} = \mathbf{2254.00 \text{ kg}}$$

Con la masa optima y de acuerdo al porcentaje de participación de cada material en la mezcla de diseño, se halla las nuevas masas de los materiales.

Tabla N°27. Dosificación de la mezcla al 1% de incorporación de fibra de acero Dramix

Material	Masa (kg)
Cemento	361
Agregado Fino	851
Agregado Grueso	841
Agua	201
Fibra de Acero	23

2.-Diseño de mezcla con el 1.50 % de incorporación de fibras metálicas Dramix 5D respecto a su volumen unitario

El peso unitario del concreto de diseño patrón es de 2276 kg/m³. Y la masa del 1.50 % de fibra de acero Dramix 5D es de 34 kg. De tal manera, se procede a restar dichas masas.

Ecuacion N°21. *Masa optima de concreto al 1% de incorporación de fibra*

$$\text{Masa optima al 1.50 \%} = 2276 \text{ kg} - 34 \text{ kg} = \mathbf{2242.00 \text{ kg}}$$

Con la masa optima y de acuerdo al porcentaje de participación de cada material en la mezcla de diseño, se halla las nuevas masas de los materiales.

Tabla N°28. Dosificación al 1.50 % de incorporación de fibra de acero Dramix

Material	Masa (kg)
Cemento	359
Agregado Fino	846
Agregado Grueso	837
Agua	200
Fibra de Acero	34

3.-Diseño de mezcla con el 2.00 % de incorporación de fibras metálicas Dramix 5D respecto a su volumen unitario

El peso unitario del concreto de diseño patrón es de 2276 kg/m³. Y la masa del 2.00 % de fibra de acero Dramix 5D es de 46 kg. De tal manera, se procede a restar dichas masas.

Ecuacion N°22. *Masa optima de concreto al 2.00 % de incorporación de fibra*

$$\text{Masa optima al 1.50 \%} = 2276 \text{ kg} - 46 \text{ kg} = \mathbf{2231.00 \text{ kg}}$$

Con la masa optima y de acuerdo al porcentaje de participación de cada material en la mezcla de diseño, se halla las nuevas masas de los materiales.

Tabla N°29. *Dosificación al 2.00 % de incorporación de fibra de acero Dramix*

Material	Masa (kg)
Cemento	357
Agregado Fino	842
Agregado Grueso	832
Agua	199
Fibra de Acero	46

3.8.13 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

En el caso del concreto consolidable por varillado o vibrado, la NTP 339.183 especifica un procedimiento para la preparación y curado de las probetas de concreto en el laboratorio bajo un estricto control de los materiales y de las condiciones de ensayo.

3.8.13.1 APARATOS

a) Moldes

- Los moldes deben ser de acero o de otro material no absorbente.
- Los moldes deben ser cilíndricos, con un diámetro de 0,15 m y una altura de 0,30 m. Se ensayarán 84 especímenes a compresión como parte de esta investigación.
- Las barras de compactación son de acero y tienen una sección circular recta. El extremo que ha sido compactado se redondea en una punta semiesférica que tiene el mismo diámetro que la varilla. La varilla larga que se utilizará tiene un diámetro de 16 mm (5/8 pulg.) y una longitud de unos 600 mm (24 pulg.).

- Un martillo de goma de 0,6 kg \pm 20 kg (1,25 \pm 0,50 lb).

b) Herramientas

- Lampas
- Baldes
- Planchas
- Frotachos de madera
- Escuadra
- Medidor de holgura
- Cucharas
- Guantes de goma
- Tazones metálicos

c) **Cono de Abrams:** utilizado para medir el asentamiento y cumplir con los requisitos de la NTP 339.035.

d) **Recipiente de muestreo y mezclado:** debe tener un fondo plano, ser de metal grueso, impermeable, tener una profundidad adecuada capacidad suficiente para contener toda la tanda de vertido.

e) **Balanzas:** el peso del concreto y de las tandas de material debe determinarse con una precisión del 0,3% de la carga de ensayo.

f) **Un dispositivo para medir la temperatura**

g) **Mezcladora de concreto.**

3.8.13.2 PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Temperatura

Los materiales deben estar a temperatura ambiente, idealmente en el rango de 20 °C a 30 °C.

PROCEDIMIENTO

Mezclado de concreto

- Una vez adecuados los moldes de las probetas, mezcle el concreto en una mezcladora adecuada en tandas lo suficientemente grandes como para dejar un 10% extra.
- Añada el agregado grueso y parte del agua de amasado antes de que la mezcladora empiece a girar. A continuación, añada el agregado fino, el cemento y el agua mientras la mezcladora sigue funcionando.

- Después de añadir todos los ingredientes a la mezcladora, mezcle el concreto durante 3 minutos y, a continuación, deje en reposo de 3 minutos antes de volver a mezclarlo durante 2 minutos más. Para detener la evaporación mientras la mezcladora está en reposo, cubra su parte superior o la zona abierta.
- Elija las porciones de la tanda de concreto mezclado que se utilizarán para moldear las probetas de modo que representen fielmente las porciones y el estado del concreto.

3.8.13.3 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

Lugar del moldeo

Las muestras se deben de moldear, en lo más cerca posible del lugar donde reposarán las primeras 24 horas.

Moldeo

Con un cucharón o una lampa, transfiera con cuidado el concreto a los moldes para que el producto final sea representativo de la tanda.

Numero de capas

Preparar especímenes en capas de acuerdo a lo establecido en la tabla siguiente:

Tabla N°30. Numero de capas establecidas por espécimen o testigo

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Numero de capas de igual profundidad
Cilindros		
Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:		
Profundidad en mm (pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2

Mas de 200 (8)	varillado	3 o mas
Hasta 200 (8)	vibración	1
Mas de 200 (8)	vibración	2 o mas

Fuente: NTP 339.183

Para esta investigación, el tipo y tamaño de espécimen es de 150 mm o 6", el modo de consolidación será por varillado teniendo un numero de capas igual a 3, repartidas aproximadamente con igual profundidad.

Consolidación

Utilizando el extremo redondeado de la varilla y el número de golpes y tamaño de varilla indicados en la tabla siguiente, varille cada capa de concreto que se haya colocado en el molde en un número aproximado de capas igual al volumen.

Tabla N°31. Diámetro de la varilla a usar al moldear especímenes de concreto.

CILINDRO		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Numero de golpes/capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75

Fuente: NTP 339.183

Para el desarrollo de esta presente investigación, el diámetro del cilindro tendrá 150 mm (6"), diámetro de la varilla será de 16 mm (5/8") por tanto corresponden un total de 25 golpes por capa.

3.8.13.4 CURADO

Almacenamiento inicial

Una vez finalizado el proceso de moldeo, las muestras deben cubrirse, idealmente con un material no absorbente.

Para evitar la pérdida de humedad, deben guardarse inmediatamente después de terminar hasta que se desmolden.

Desmoldeo

Los especímenes deben desmoldarse en un plazo de 24 ± 8 horas después del vaciado.

Ambiente para la curación

Desde el moldeo hasta el ensayo, todas las probetas deben curarse con humedad a una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Para satisfacer la condición de curado se utilizan salas húmedas o tanques de almacenamiento de agua requeridos por la NTP 334.077.

3.8.14 ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO

3.8.14.1 Prueba de revenimiento o asentamiento del concreto fresco

Se ejecutó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 339.035.

Procedimiento:

- Humedezca el cono o el molde Abrams y colóquelo sobre una superficie plana y no absorbente.
- Pise firmemente las aletas del molde para mantenerlo inmóvil.
- A continuación, añada la mezcla de hormigón en tres capas iguales, cada una de las cuales ocupará un tercio del volumen del sólido.
- Cada capa se aplica uniformemente en toda la sección y se compacta utilizando la barra compactadora para dar 25 golpes.
- Antes de compactar la última capa, el exceso se vierte en el molde. Después de llenar el molde, enrasar la superficie.
- Levantar el molde con cuidado en vertical. Tan pronto como sea posible, mida el asentamiento, que se expresa como la diferencia entre la altura del molde y la cara superior del centro del cono deformado.
- Comunique el asentamiento medido de la muestra de hormigón.

3.8.14.2 Peso unitario y rendimiento del concreto fresco

El procedimiento se efectuó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 339.046

Aparatos

- Balanza
- Barra compactadora

- Placa de enrase
- Martillo de goma
- Pala o cuchara
- Molde

Procedimiento

- Con la cuchara, transfiera el concreto al recipiente de medición en tres capas de volumen aproximadamente igual.
- Aplique 25 golpes de la barra compactadora a cada capa, apisonándolos y distribuyéndolos uniformemente por la sección transversal.
- A continuación, utilice el martillo de goma para golpear los laterales del recipiente entre 10 y 15 veces.
- Después de la consolidación, utilice una placa alisadora plana para terminar el hormigón de forma suave y lisa en el borde superior del contenedor.
- Después del alisado, se limpia todo exceso de concreto y se procede a pesar.

Calculos

Densidad (peso unitario)

Ecuacion N°23. *Determinación del Peso Unitario del concreto fresco*

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Donde:

D es la densidad (peso unitario) del concreto, expresado en kg/m³

M_c es la masa del recipiente de medida lleno de concreto, expresada en kg

M_m es la masa del recipiente de medición, expresada en kg

V_m es el volumen del recipiente de medida, expresado en m³

Rendimiento

Se procederá a calcular según lo descrito en la siguiente formula:

Ecuacion N°24. *Rendimiento del concreto*

$$Y (M3) = \frac{M}{D}$$

Donde:

Y = rendimiento, volumen de concreto producido por tanta, en m³

M = masa total de todos los materiales en la tanta, en kg

D = densidad (peso unitario) del concreto, en kg/m³

3.8.15 ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO

3.8.15.1 Resistencia a la compresión

Se determinó en cumplimiento de la NTP 339.034, que especifica cómo debe determinarse la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

Aparatos

- Máquina de ensayo
- Almohadillas de neopreno
- Especímenes

Procedimiento

- Una vez retiradas las probetas, ensayar tan pronto sea posible.
- Mida los diámetros de las probetas después de limpiar sus extremos.
- Coloque las almohadillas de neopreno en la prensa para garantizar una distribución uniforme de la carga. Durante el ensayo, cada probeta debe estar alineada con el cabezal de la máquina.
- Aplicar la carga. Debe ser continua y sin interrupciones.
- Verifique el tipo de falla de cada probeta.
- Registre la carga máxima que puede soportar la probeta y calcule su resistencia a la compresión.

Cálculo

Se determinará conforme a lo descrito en la siguiente fórmula:

Ecuación N°25. *Resistencia del concreto a la compresión*

$$F'c = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$F'c$ es la resistencia a la compresión del espécimen expresado en kg/cm^2

$P_{\text{máx.}}$ es la carga máxima alcanzada por el espécimen expresada en kg

A es el área de la sección del espécimen expresado en cm^2

3.8.16 Evaluación del grado de control de los especímenes

Se aplicó las siguientes expresiones estadísticas para la obtención del grado de control de las muestras de concreto.

a) Resistencia promedio de los especímenes

Es el resultado aritmético, luego de calcular las resistencias de probetas con características similares.

Ecuacion N°26. *Resistencia promedio de los especímenes*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

b) Varianza

Es una medida de dispersión que indica la variabilidad de una muestra.

Ecuacion N°27. *Varianza*

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

c) Desviación estándar

Muestra la diferencia media entre los datos y la media y es la medida de dispersión más utilizada.

Ecuacion N°28. *Desviación estándar*

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Tabla N°32. *Desviación estándar para grados de control de datos muestrales*

Grado de control	S (kg/cm^2)
Excelente	Menor que 14.1
Muy bueno	14.1 – 17.6
Bueno	17.6 – 21.1

Regular	21.1 – 24.6
Deficiente	Mayor que 24.6

Fuente: Pasquel (2010)

d) Coeficiente de variación

Como un porcentaje de la resistencia media, muestra la desviación típica.

Ecuación N°29. *Coeficiente de variación*

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Tabla N°33. *Coeficiente de variación para diversos grados de control*

Grado de control	Coeficiente de variación (%)
Excelente	Menor que 2
Muy bueno	2 – 3
Bueno	3 – 4
Regular	4 – 5
Deficiente	Mayor que 5

Fuente: Pasquel (2010)

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Propiedades físicas de los agregados de la cantera “Manuel Olano SAC”

Tabla N°34. *Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	UND	AG. Grueso
Peso Unitario Suelto Seco	kg/m ³	1446
Peso Unitario Compactado Seco	kg/m ³	1520
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.65
Peso Específico de Masa (SSS)	gr/cm ³	2.67
Peso Específico Aparente	gr/cm ³	2.71
Contenido de Humedad	%	0.69
Absorción	%	0.76
Módulo de Fineza	---	2.44
Tamaño Máximo Nominal		1/2
Material Pasante Tamiz N° 200	%	0.23

Tabla N°35. Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado fino

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	UND	AG. Fino
Peso Unitario Suelto Seco	kg/m ³	1699
Peso Unitario Compactado Seco	kg/m ³	1833
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.63
Peso Específico de Masa (SSS)	gr/cm ³	2.67
Peso Específico Aparente	gr/cm ³	2.76
Contenido de Humedad	%	3.44
Absorción	%	1.85
Módulo de Fineza	---	2.75
Tamaño Máximo Nominal	---	---
Material Pasante Tamiz N° 200	%	2.52

4.1.2 Resultados de las pruebas de revenimiento o Slump

Las muestras fueron tomadas tal cual indica la NTP 339.035, proporcionando información útil sobre la uniformidad de la mezcla y las variaciones en el Slump por las distintas dosificaciones de incorporación de fibra de acero en el concreto fresco, indicando el cambio que se ha generado dentro de las propiedades físicas del concreto de diseño o patrón.

En la siguiente tabla se detallan las medidas de Slump de las diferentes muestras de las incorporaciones de fibra de acero y el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla N°36. Asentamiento del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concretos reforzados

Tipo de Concreto	Descripción	Muestra	Muestra	Muestra	Promedio
		N°1	N°2	N°3	
Concreto Patrón	Asentamiento	85	90	85	87
Concreto +1% F. A	Asentamiento	80	80	75	78
Concreto +1.5% F. A	Asentamiento	65	60	55	60
Concreto +2% F. A	Asentamiento	40	35	40	38

Tabla N°37. Asentamiento del concreto en mm y pulg. de las diferentes dosificaciones

TIPO DE CONCRETO	ASENT.	ASENT.
	(mm)	(Pulg)
Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	87	3 – 4
Concreto + 1% Fibra de acero	78	3 – 4
Concreto + 1.5% Fibra de acero	60	0 – 2
Concreto + 2% Fibra de acero	38	0 – 2

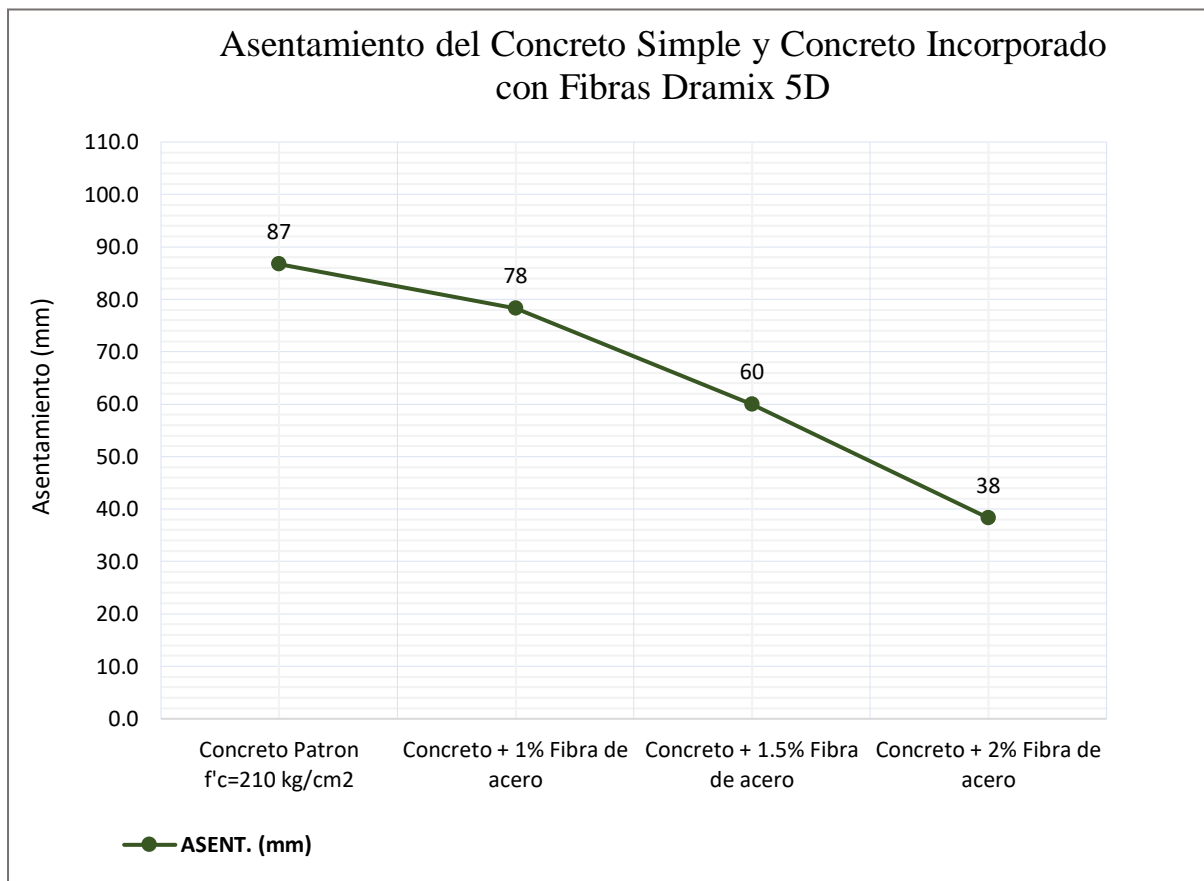


Figura N°6. Asentamiento del concreto con diferentes dosificaciones de fibras

Interpretación: el asentamiento del concreto con incorporación de fibra de acero, respecto del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, disminuye significativamente a medida que se incrementa el porcentaje de incorporación de fibra de acero Dramix 5D.



Figura N°7. Medida del revenimiento o Slump

4.1.3 Resultados del peso unitario del concreto en estado fresco

El peso unitario del concreto, se determinó por tanta de 0.12 m^3 , para un concreto patrón con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto con incorporación de fibra de acero Dramix en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% respecto al peso unitario de diseño.

Tabla N°38. Peso Unitario del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco

Tipo de concreto	Cantidad	Valor	Promedio
Concreto Patrón	0 kg/m^3	2334	
	0 kg/m^3	2344	2330 kg/m^3
	0 kg/m^3	2312	
Concreto +1% F. A	23 kg/m^3	2340	
	23 kg/m^3	2333	2339 kg/m^3
	23 kg/m^3	2345	
Concreto +1.5% F. A	34 kg/m^3	2338	
	34 kg/m^3	2328	2337 kg/m^3
	34 kg/m^3	2344	
Concreto +2% F. A	46 kg/m^3	2325	
	46 kg/m^3	2313	2315 kg/m^3
	46 kg/m^3	2307	

Tabla N°39. Límites para un concreto de peso unitario normal típico.

Tipo de concreto	Límites	f'c=210	+ 1% F. A	+ 1.5% F. A	+ 2% F. A
	kg/m ³	kg/cm ²			
Concreto Liviano	< 2200	---	---	---	---
Concreto Normal	2200 2400	2330	2339	2337	2315
Concreto Pesado	> 2400	---	---	---	---

Fuente: Abanto (2009)

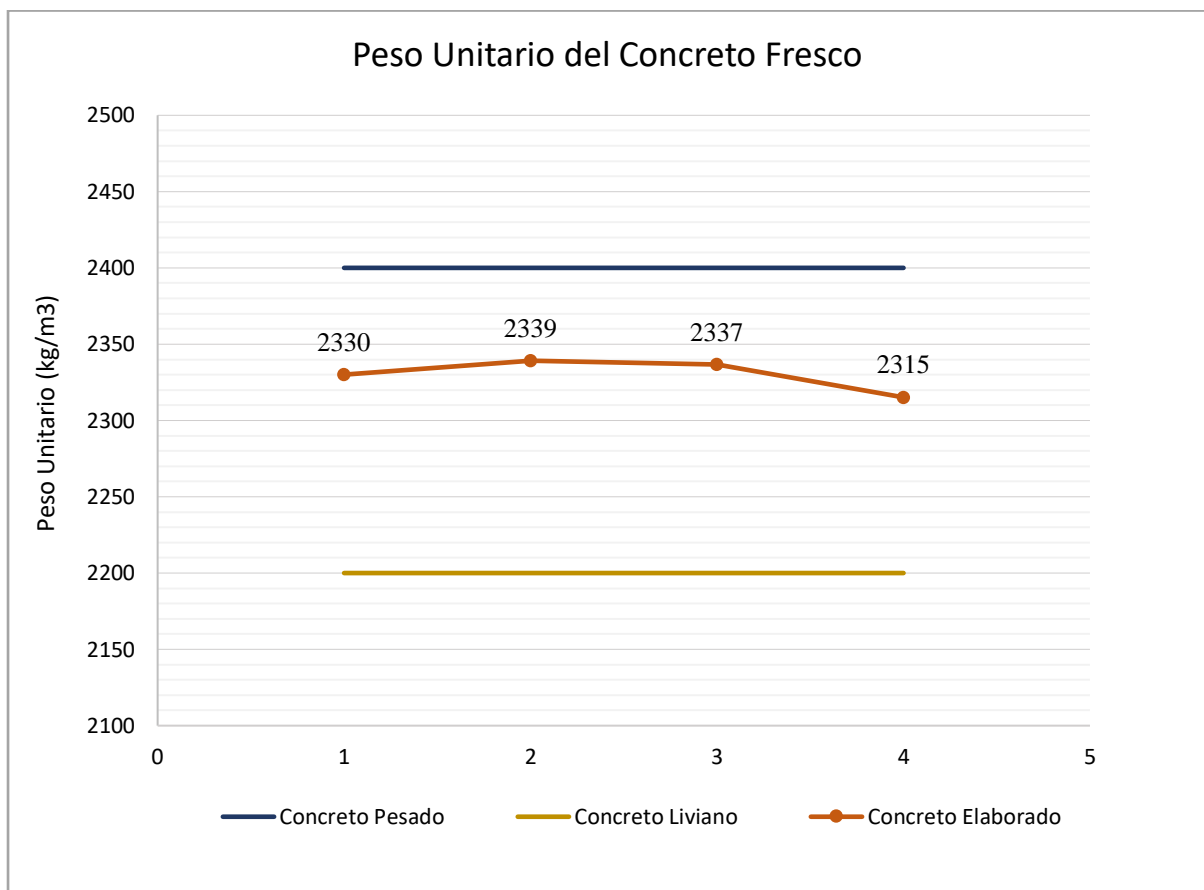


Figura N°8. *Peso Unitario del concreto fresco ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)*

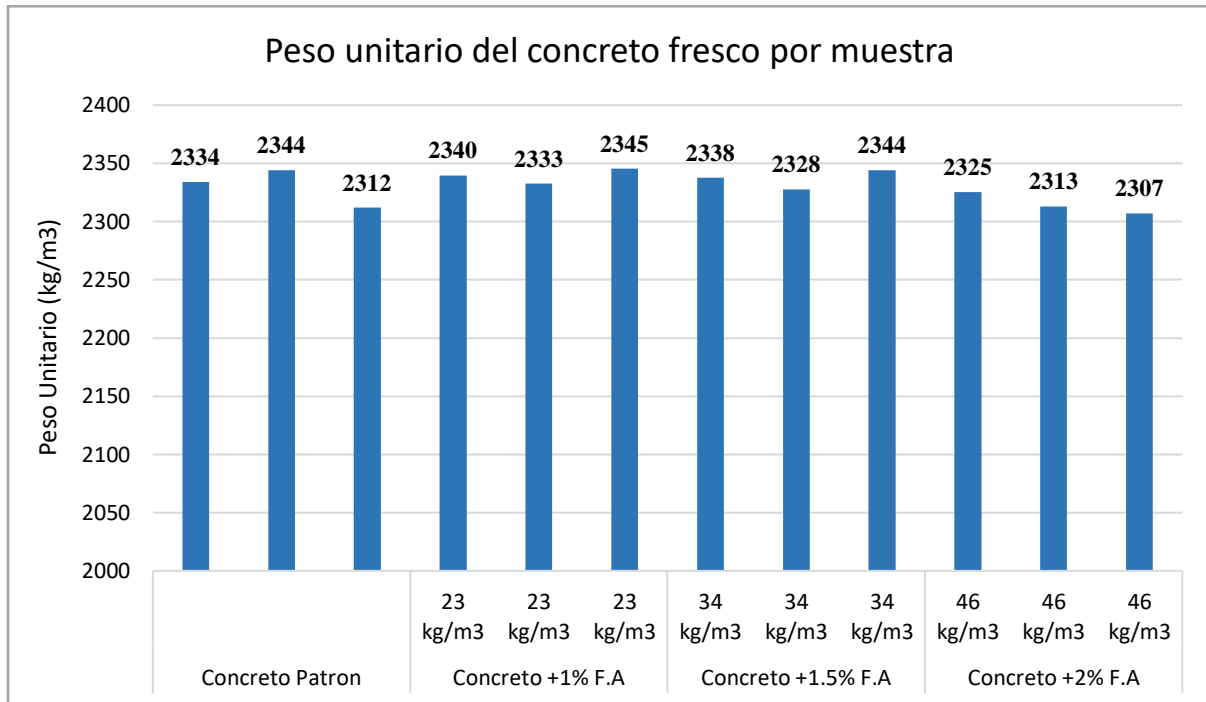


Figura N°9. *Peso unitario del concreto fresco por muestra*

Interpretación

El concreto preparado para la elaboración de los especímenes cilíndricos de la presente investigación, se considera concreto de peso normal porque se sitúa entre los rangos de concreto ligero y pesado, tal y como se muestra en la Tabla N° 39 y en la Figura N° 8.

4.1.4 Resultados de los especímenes a compresión

Se realizó conforme las especificaciones de la NTP 339.034, con una población de 84 especímenes de concreto con diseño de mezcla de 210 kg/cm^2 , considerando 21 especímenes con la denominación de “Concreto patrón” y 3 dosificaciones con incorporación de fibra de acero Dramix (1%, 1.5% y 2%) con 21 especímenes por dosificación, haciendo un total de 63 especímenes con incorporación de fibra de acero.

En los siguientes ítems se muestra los resultados evaluados a compresión de los especímenes en sus diferentes edades.

4.1.4.1 Resultados de los especímenes ensayados a los 7 días de curado.

Tabla N°40. Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 7 días

Concreto Patrón:		F'c =		210 kg/cm ²						
Normativa:		NTP 339.034/ASTM C39								
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-1	7	179.1	392.6	40034.1	223.6	76	Tipo 5
002	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-2	7	178.8	412.4	42053.1	235.1	80	Tipo 5
003	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-3	7	179.1	433.4	44194.5	246.8	84	Tipo 4
004	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-4	7	177.7	411.3	41940.9	236.1	80	Tipo 5
005	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-5	7	179.1	415.3	42348.8	236.5	80	Tipo 4
006	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-6	7	179.6	404.2	41216.9	229.6	78	Tipo 5
007	17/03/2023	24/03/2023	M. Patrón/M-7	7	178.6	409.7	41777.8	233.9	80	Tipo 5
Promedio:							41938	235	80 %	

Tratamiento estadístico	
Resistencia Promedio =	235
Rango Muestral =	23.23
Varianza =	50.40
Desviación Estándar =	7.10
Coefficiente de Variación =	3.03%

Tabla N°41. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 7 días

Concreto Patrón: f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG al 1 % del peso unitario del concreto.

Normativa: NTP 339.034/ASTM C39

N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Le. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-1	7	176.7	361.2	36832.1	208.4	71	Tipo 5
002	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-2	7	177.4	338.8	34548.0	194.7	66	Tipo 5
003	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-3	7	179.1	356.7	36373.3	203.1	69	Tipo 5
004	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-4	7	179.1	366.8	37403.2	208.9	71	Tipo 5
005	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-5	7	176.7	348.8	35567.7	201.3	68	Tipo 5
006	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-6	7	179.6	356.1	36312.1	202.2	69	Tipo 5
007	21/03/2023	28/03/2023	M. 1%: M-7	7	179.1	345.7	35251.6	196.8	67	Tipo 5
Promedio:							36041	202	69 %	

Tratamiento estadístico

<i>Resistencia Promedio</i> =	202
<i>Rango Muestral</i> =	14.14
<i>Varianza</i> =	28.24
<i>Desviación Estándar</i> =	5.31
<i>Coefficiente de Variación</i> =	2.63%

Tabla N°42. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 7 días

Concreto Patrón: f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG al 1.5 % del peso unitario del concreto.										
Normativa:		NTP 339.034/ASTM C39								
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-1	7	176.7	351.6	35853.2	202.9	69	Tipo 5
002	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-2	7	179.1	404.9	41288.3	230.6	78	Tipo 5
003	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-3	7	180.3	376.8	38422.9	213.1	72	Tipo 2
004	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-4	7	178.6	386.1	39371.2	220.4	75	Tipo 5
005	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-5	7	178.8	394.1	40187.0	224.7	76	Tipo 5
006	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-6	7	179.1	392.5	40023.9	223.5	76	Tipo 2
007	22/03/2023	29/03/2023	M. 1.5%: M-7	7	177.2	376.3	38371.9	216.6	74	Tipo 5
Promedio:							39074	219	74 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	219
<i>Rango Muestral</i> =	27.67
<i>Varianza</i> =	81.35
<i>Desviación Estándar</i> =	9.02
<i>Coficiente de Variación</i> =	4.12%

Tabla N°43. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 7 días

Concreto Patrón: f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG al 2 % del peso unitario del concreto.										
Normativa:		NTP 339.034/ASTM C39								
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-1	7	176.7	375.6	38300.5	216.7	74	Tipo 5
002	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-2	7	174.4	391.1	39881.1	228.7	78	Tipo 4
003	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-3	7	175.5	417.8	42603.7	242.7	83	Tipo 5
004	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-4	7	177.2	433.9	44245.5	249.7	85	Tipo 5
005	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-5	7	177.4	402.3	41023.2	231.2	79	Tipo 4
006	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-6	7	176.7	405.1	41308.7	233.8	80	Tipo 5
007	23/03/2023	30/03/2023	M. 2%: M-7	7	178.4	412.1	42022.5	235.6	80	Tipo 5
Promedio:							41341	234	80 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	234
<i>Rango Muestral</i> =	32.98
<i>Varianza</i> =	109.80
<i>Desviación Estándar</i> =	10.48
<i>Coefficiente de Variación</i> =	4.48%

Tabla N°44. Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 7 días

DESCRIPCIÓN	EDAD (días)	Resist. Prom. (kg/cm ²)
Concreto Patrón	7	235
Con Fibras de Acero (1.0 %)	7	202
Con Fibras de Acero (1.5 %)	7	219
Con Fibras de Acero (2.0 %)	7	234

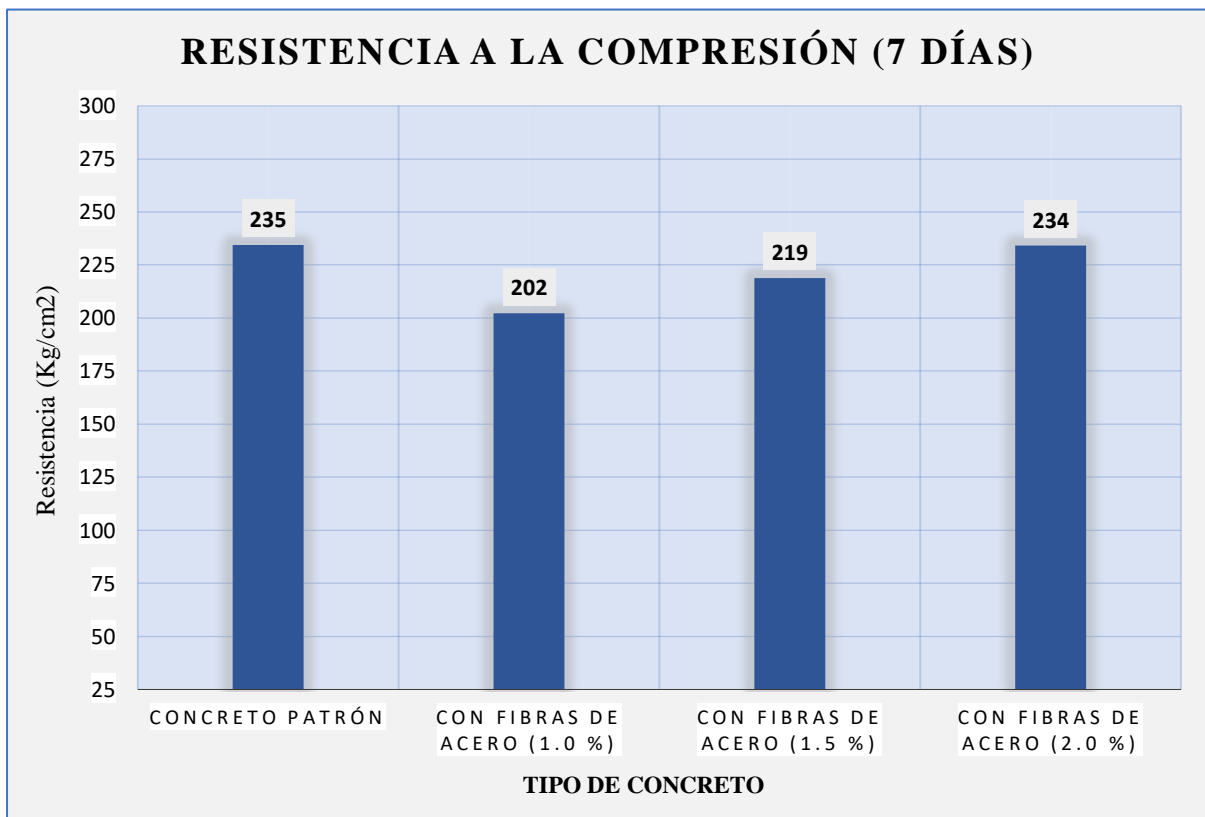


Figura N°10. Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

4.1.4.2 Resultados de los especímenes ensayados a los 14 días de curado.

Tabla N°45. Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 14 días

Concreto Patrón:		F'c =		210 kg/cm ²						
		Resistencia específica a la compresión:		$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		Normativa: NTP 339.034/ASTM C39				
N° de probeta	Fecha de Elaboración (día)	Rotura (día)	Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
001	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-8	14	178.6	442.4	45112.2	252.6	86	Tipo 5
002	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-9	14	176.7	418.3	42654.7	241.4	82	Tipo 5
003	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-10	14	178.8	436.1	44469.8	248.7	85	Tipo 6
004	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-11	14	177.4	450.6	45948.4	259.0	88	Tipo 5
005	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-12	14	177.7	428.1	43654.0	245.7	84	Tipo 6
006	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-13	14	179.1	440.2	44887.9	250.7	85	Tipo 5
007	17/03/2023	31/03/2023	M. Patrón/M-14	14	177.2	431.5	44000.7	248.3	84	Tipo 5
Promedio:							44390	249	85 %	

Tratamiento estadístico	
Resistencia Promedio =	249
Rango Muestral =	17.60
Varianza =	30.51
Desviación Estándar =	5.52
Coeficiente de Variación =	2.21%

Tabla N°46. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 14 días

Concreto Patrón f'c=210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 1.00 % del peso unitario del concreto.										
<i>Normativa: NTP 339.034/ASTM C39</i>										
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-8	14	177.2	420.4	42868.9	241.9	82	Tipo 5
002	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-9	14	177.4	407.9	41594.2	234.4	80	Tipo 5
003	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-10	14	178.6	440.7	44938.9	251.6	86	Tipo 5
004	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-11	14	178.6	395.8	40360.4	226.0	77	Tipo 5
005	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-12	14	178.1	404.1	41206.7	231.3	79	Tipo 5
006	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-13	14	179.1	431.8	44031.3	245.9	84	Tipo 5
007	21/03/2023	04/04/2023	M. 1%: M-14	14	176.7	414.6	42277.4	239.2	81	Tipo 5
Promedio:							42468	239	81 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia promedio</i> =	239
<i>Rango muestral</i> =	25.63
<i>Varianza</i> =	77.23
<i>Desviación estándar</i> =	8.79
<i>Coefficiente de variación</i> =	3.68%

Tabla N°47. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 14 días

Concreto Patrón f'c=210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 1.50 % del peso unitario del concreto.										
<i>Normativa: NTP 339.034/ASTM C39</i>										
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-8	14	173.2	459.5	46856.0	270.5	92	Tipo 5
002	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-9	14	180.3	456.9	46590.8	258.5	88	Tipo 5
003	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-10	14	177.2	460.0	46906.9	264.7	90	Tipo 2
004	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-11	14	177.2	467.4	47661.5	269.0	91	Tipo 5
005	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-12	14	179.6	454.0	46295.1	257.8	88	Tipo 5
006	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-13	14	181.9	478.8	48824.0	268.4	91	Tipo 2
007	22/03/2023	05/04/2023	M. 1.5%: M-14	14	180.3	456.3	46529.6	258.1	88	Tipo 5
Promedio:							47095	264	90 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	264
<i>Rango Muestral</i> =	12.70
<i>Varianza</i> =	31.73
<i>Desviación Estándar</i> =	5.63
<i>Coefficiente de Variación</i> =	2.13%

Tabla N°48. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 14 días

Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 2.00 % del peso unitario del concreto.										
<i>Normativa: (NTP 339.034/ASTM C39)</i>										
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm^2)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm^2	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-8	14	179.1	423.2	43154.4	241.0	82	Tipo 5
002	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-9	14	176.0	418.5	42675.1	242.5	82	Tipo 4
003	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-10	14	175.5	420.1	42838.3	244.0	83	Tipo 5
004	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-11	14	179.1	455.5	46448.1	259.4	88	Tipo 5
005	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-12	14	178.1	449.3	45815.8	257.2	87	Tipo 4
006	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-13	14	177.2	402.8	41074.2	231.8	79	Tipo 5
007	23/03/2023	06/04/2023	M. 2%: M-14	14	178.4	435.3	44388.2	248.9	85	Tipo 5
Promedio:							43771	246	84 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	246
<i>Rango Muestral</i> =	27.56
<i>Varianza</i> =	92.38
<i>Desviación Estándar</i> =	9.61
<i>Coefficiente de Variación</i> =	3.90%

Tabla N°49. Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 14 días

DESCRIPCIÓN	EDAD (días)	Resist. Prom.
Concreto Patrón	14	249
Con Fibras de Acero (1.0 %)	14	239
Con Fibras de Acero (1.5 %)	14	264
Con Fibras de Acero (2.0 %)	14	246

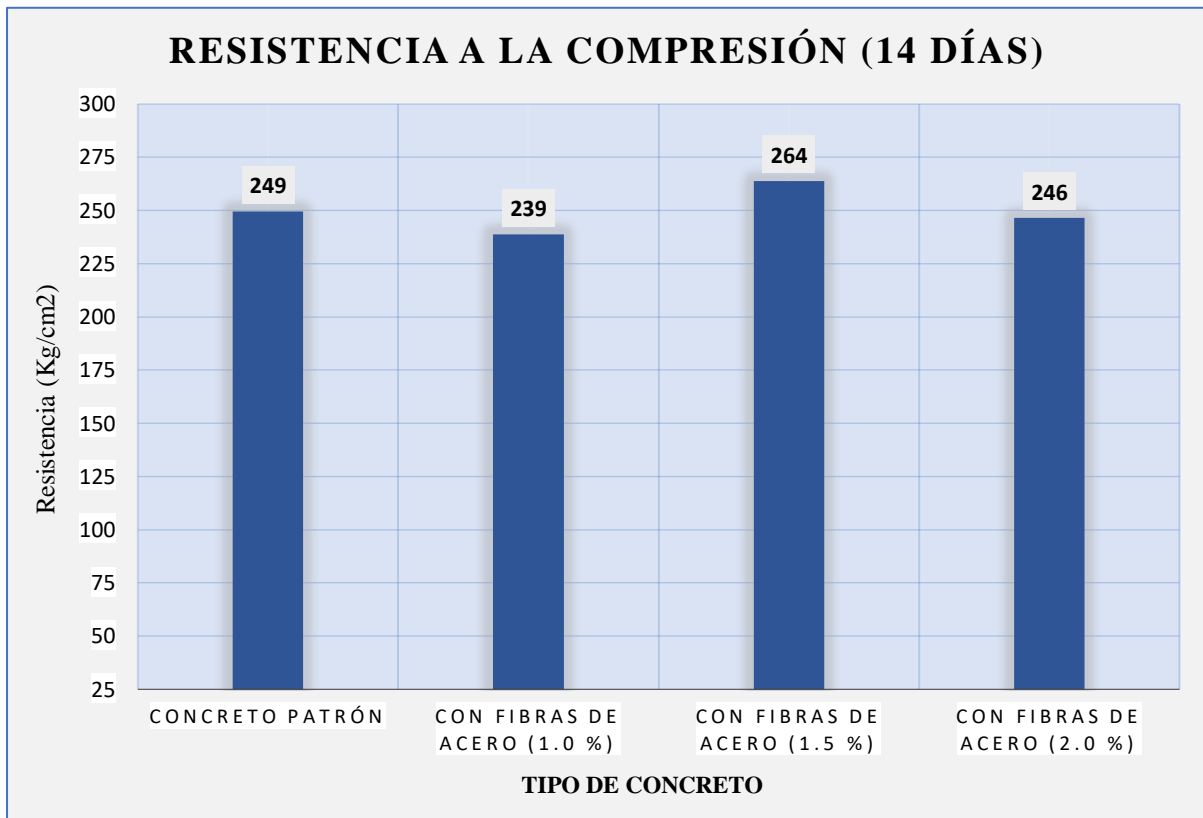


Figura N°11. Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días.

4.1.4.3 Resultados de los especímenes ensayados a los 28 días de curado.

Tabla N°50. Resultados de los especímenes de concreto patrón: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ensayados a los 28 días

Concreto Patrón: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$										
<i>Resistencia específica a la compresión:</i>				$f'c = 210$	kg/cm^2	<i>Normativa: NTP 339.034/ASTM C39</i>				
N° de probeta	Fecha de Elaboración (día)	Rotura (día)	Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm^2)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm^2	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
001	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-15	28	177.4	520.6	53086.4	299.2	102	Tipo 5
002	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-16	28	176.7	533.4	54391.7	307.8	105	Tipo 5
003	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-17	28	178.4	505.4	51536.4	288.9	98	Tipo 5
004	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-18	28	177.7	540.7	55136.0	310.3	106	Tipo 5
005	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-19	28	177.9	535.7	54626.2	307.1	104	Tipo 5
006	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-20	28	179.1	522.1	53239.4	297.3	101	Tipo 5
007	17/03/2023	14/03/2023	M. Patrón/M-21	28	178.1	544.6	55533.7	311.8	106	Tipo 5
Promedio:							53936	303	103 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	303
<i>Rango Muestral</i> =	22.82
<i>Varianza</i> =	69.12
<i>Desviación estándar</i> =	8.31
<i>Coficiente de variación</i> =	2.74%

Tabla N°51. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1% ensayados a los 28 días

Concreto Patrón f'c=210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 1.00 % del peso unitario del concreto.										
<i>Normativa: (NTP 339.034/ASTM C39)</i>										
N° de probeta	Fecha de Ensayo		Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
	Elaboración (día)	Rotura (día)								
001	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-15	28	179.6	505.4	51536.4	287.0	98	Tipo 5
002	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-16	28	177.2	493.3	50302.6	283.9	97	Tipo 5
003	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-17	28	180.3	517.0	52719.3	292.5	99	Tipo 5
004	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-18	28	181.0	512.8	52291.0	288.9	98	Tipo 6
005	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-19	28	177.2	513.8	52393.0	295.7	101	Tipo 5
006	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-20	28	179.1	522.3	53259.8	297.4	101	Tipo 5
007	21/03/2023	18/04/2023	M. 1%: M-21	28	180.5	495.1	50486.1	279.7	95	Tipo 5
Promedio:							51855	289	98 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	289
<i>Rango Muestral</i> =	17.72
<i>Varianza</i> =	40.56
<i>Desviación Estándar</i> =	6.37
<i>Coefficiente de Variación</i> =	2.20%

Tabla N°52. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 1.5% ensayados a los 28 días

Concreto Patrón f'c=210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 1.50 % del peso unitario del concreto.											
<i>Normativa: (NTP 339.034/ASTM C39)</i>											
N° de probeta	Fecha de Elaboración (día)	Fecha de Ensayo (día)	Rotura	Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
001	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-15	28	184.1	543.0	55370.6	300.8	102	Tipo 2
002	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-16	28	181.0	560.5	57155.1	315.8	107	Tipo 6
003	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-17	28	179.3	528.2	53861.4	300.4	102	Tipo 5
004	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-18	28	177.9	541.6	55227.8	310.5	106	Tipo 5
005	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-19	28	177.4	543.9	55462.4	312.6	106	Tipo 5
006	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-20	28	179.6	556.4	56737.0	316.0	107	Tipo 2
007	22/03/2023	19/04/2023		M. 1.5%: M-21	28	178.8	546.2	55696.9	311.4	106	Tipo 5
Promedio:								55644	310	105 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	310
<i>Rango Muestral</i> =	15.62
<i>Varianza</i> =	42.59
<i>Desviación Estándar</i> =	6.53
<i>Coefficiente de Variación</i> =	2.11%

Tabla N°53. Resultados de los especímenes de concreto con incorporación de fibra de acero al 2% ensayados a los 28 días

Concreto Patrón f'c=210 kg/cm² con incorporación de fibra de acero Dramix® 5D 65/60 BG al 2.00 % del peso unitario del concreto.										
<i>Normativa: (NTP 339.034/ASTM C39)</i>										
N° de probeta	Fecha de Elaboración (día)	Fecha de Ensayo Rotura (día)	Código	Edad (días)	Área del Testigo (cm ²)	Lec. Dial (kN)	Carga de Falla (kg)	Resistencia Kg/cm ²	Porcentaje de relación (%)	Tipo de Falla
001	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-15	28	179.1	557.3	56828.8	317.3	108	Tipo 5
002	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-16	28	176.0	591.7	60336.6	342.8	117	Tipo 4
003	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-17	28	180.0	568.9	58011.6	322.2	110	Tipo 5
004	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-18	28	179.1	553.4	56431.1	315.1	107	Tipo 5
005	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-19	28	178.6	575.1	58643.9	328.3	112	Tipo 4
006	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-20	28	178.1	568.4	57960.7	325.4	111	Tipo 5
007	23/03/2023	20/04/2023	M. 2%: M-21	28	177.2	574.6	58592.9	330.7	112	Tipo 5
Promedio:							58115	326	111 %	

Tratamiento estadístico	
<i>Resistencia Promedio</i> =	326
<i>Rango Muestral</i> =	27.69
<i>Varianza</i> =	86.30
<i>Desviación Estándar</i> =	9.29
<i>Coficiente de Variación</i> =	2.85%

Tabla N°54. Resumen de los resultados a compresión ensayados a los 28 días

DESCRIPCIÓN	EDAD (días)	Resist. Prom.
Concreto Patrón	28	303
Con Fibras de Acero (1.0 %)	28	289
Con Fibras de Acero (1.5 %)	28	310
Con Fibras de Acero (2.0 %)	28	326

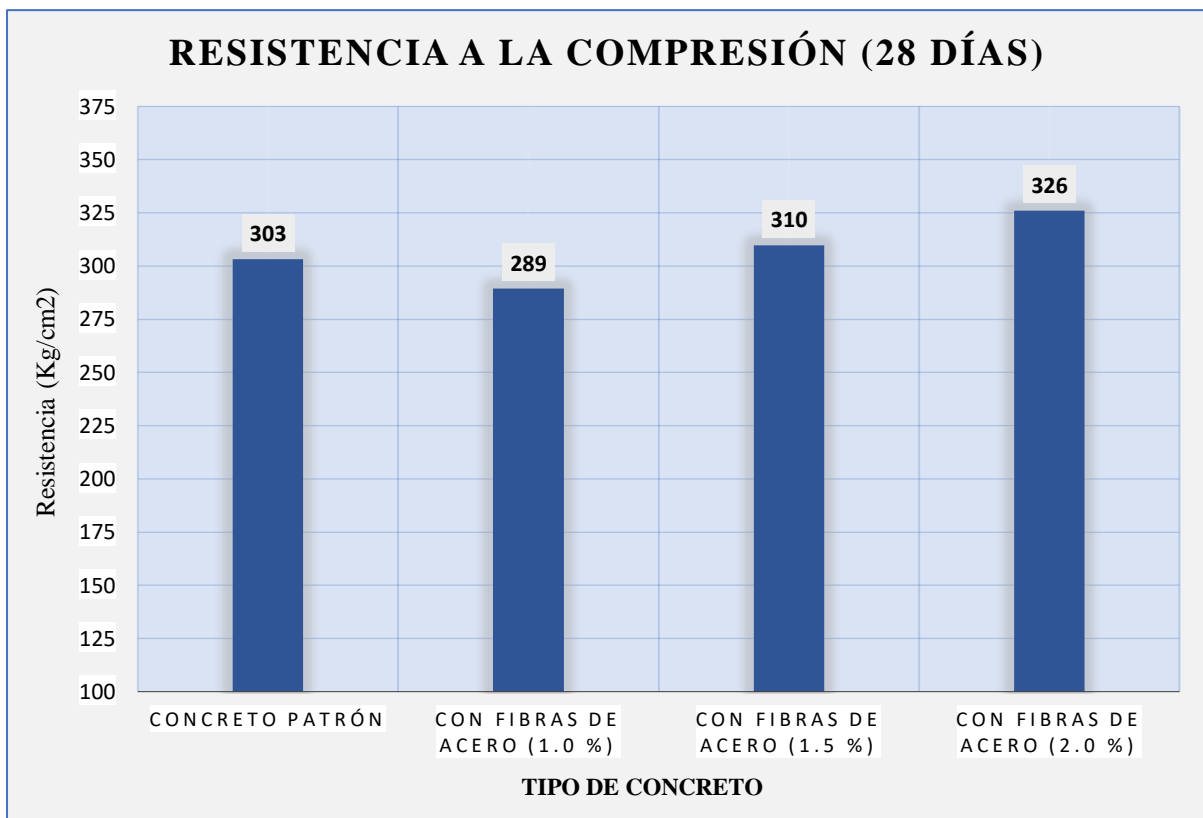


Figura N°12. Evolución de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días

4.2 Análisis e interpretación y discusión de resultados

4.2.1 Análisis del Asentamiento o Slump del concreto

Según la tabla N°35, se indica que el concreto elaborado en la presente investigación muestra menor asentamiento a medida que aumenta la cantidad de fibra de acero Dramix que se le agrega en el concreto. Su trabajabilidad también disminuye significativamente en el rango de 0 a 2 pulgadas cuando la adición es del 2% del peso unitario del concreto.

4.2.2 Análisis del peso unitario del concreto en estado fresco

De la tabla N°37 y de las figuras N°11 y N°12 se indica que el concreto elaborado en la presente investigación se encuentra entre los límites de concreto liviano y concreto pesado, lo cual se considera concreto de peso normal, así mismo se observa un ligero incremento del peso unitario en el concreto con incorporación del 1% y 1.5% de fibra de acero Dramix, y para el 2% de incorporación de fibra de acero Dramix hay una disminución del peso unitario debido a que la fibra de acero, en mayor porcentaje, genera vacíos en el concreto.

4.2.3 Análisis de los resultados de los ensayos a compresión

4.2.3.1 Análisis de los resultados de los especímenes ensayados a la edad de 7 días

Los siguientes resultados comparativos se basan en el concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y su evolución del comportamiento a los 7 días de curado de las 3 dosificaciones (1%, 1,5%, y 2%) de fibra de acero en el concreto. Estos datos se derivan de los resultados de las probetas de concreto ensayadas a la compresión a los 7 días de curado, tal y como se muestra en el ítem 4.1.4.1.

Tabla N°55. Comparación de los resultados y su % de influencia de la fibra de acero

Tipo de Concreto	Promedio (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	235	0.00
Adición al 1.0% (23 kg/m³)	202	-13.77
Adición al 1.5% (34 kg/m ³)	219	-6.68
Adición al 2.0% (46 kg/m ³)	234	-0.19

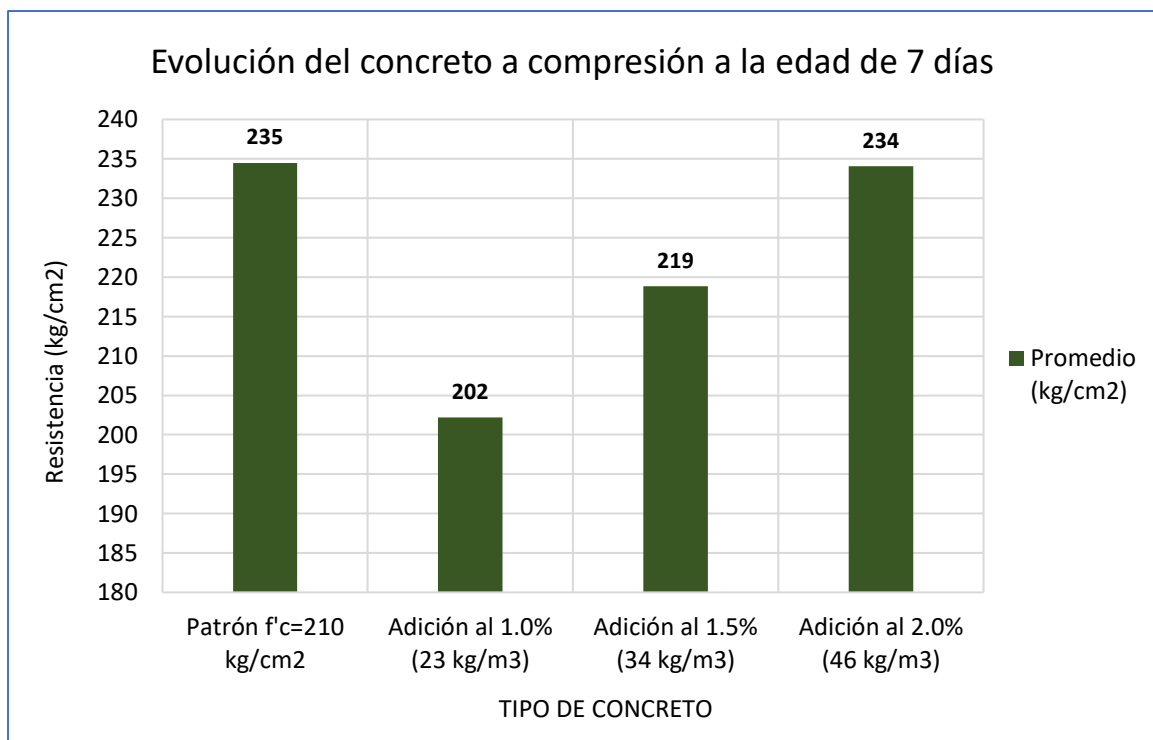


Figura N°13. Evolución del concreto a compresión a la edad de 7 días

Interpretación: A partir de los resultados promedios de las probetas ensayadas a compresión a una edad de 7 días, se observa que su resistencia a la compresión decae respecto a la resistencia del concreto patrón, $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Concretamente, el concreto que contiene un 1% de fibra de acero respecto al peso unitario, presenta una disminución del 13,77%, mientras que el concreto que contiene un 1,5% de fibra de acero respecto al peso unitario, presenta una disminución en su resistencia a la compresión del 6,68%. De forma similar al añadir un 2% de fibra de acero, sólo disminuye un 0,19% en comparación del valor del concreto patrón.

4.2.3.2 Análisis de los resultados de los especímenes ensayados a la edad de 14 días

De los datos mostrados en el ítem 4.1.4.2, resultados de los especímenes de concreto ensayados a compresión a los 14 días de curado, se obtiene los siguientes resultados comparativos en base al concreto patrón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y su evolución del comportamiento a los 14 días de curado de las 3 dosificaciones (1%, 1.5% y 2%) de fibra de acero en el concreto.

Tabla N°56. Comparación de los resultados y su influencia de la fibra de acero en el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

Tipo de Concreto	Promedio (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	249	0.00
Adición al 1.0% (23 kg/m ³)	239	-4.35
Adición al 1.5% (34 kg/m ³)	264	5.77
Adición al 2.0% (46 kg/m ³)	246	-1.24

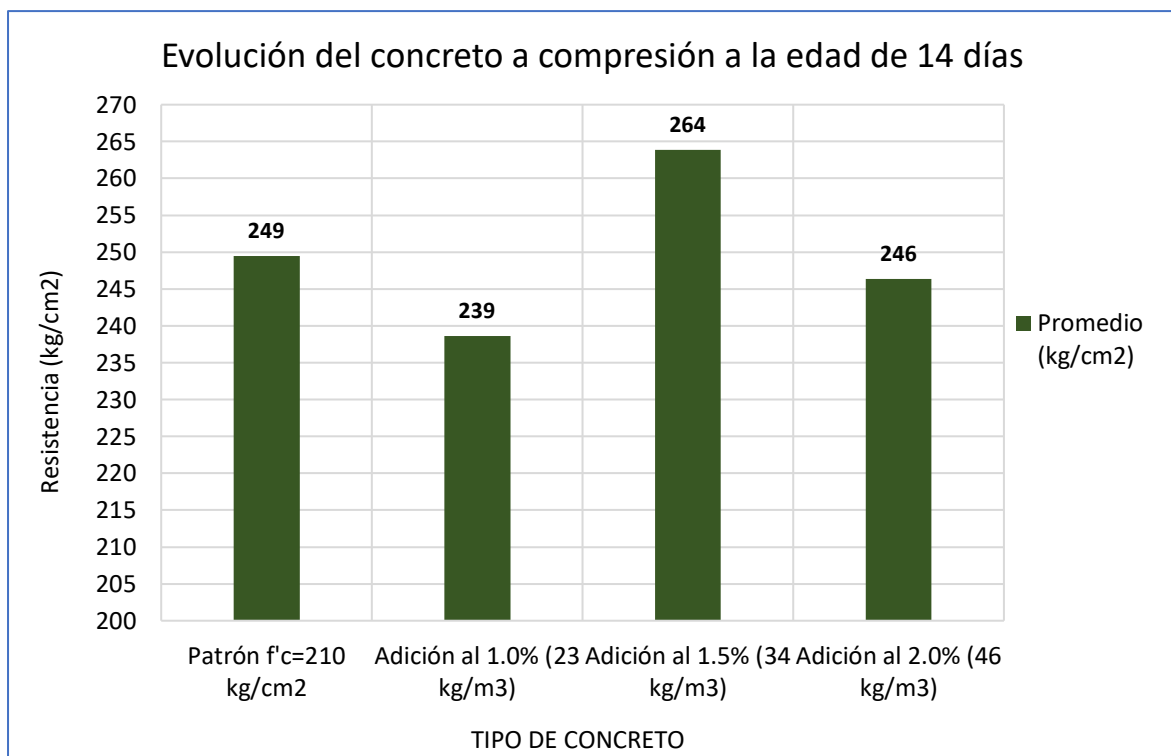


Figura N°14. Evolución del concreto a compresión a la edad de 14 días

Interpretación: de los resultados promedios obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 14 días, se observa un aumento en la resistencia del 5.77% para la incorporación del 1.5% de fibra de acero Dramix, caso contrario para las incorporaciones del 1% y 2%, que decaen en 4.35% y 1.24%, respectivamente.

4.2.3.3 Análisis de los resultados de los especímenes ensayados a la edad de 28 días

De los datos mostrados en el ítem 4.1.4.3, resultados de los especímenes de concreto ensayados a compresión a los 28 días de curado, se obtiene los siguientes resultados comparativos en base al concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y su evolución del comportamiento a los 28 días de curado de las 3 dosificaciones (1%, 1.5% y 2%) de fibra de acero en el concreto.

Tabla N°57. Comparación de los resultados y su influencia de la fibra de acero en el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días

Tipo de Concreto	Promedio (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	303	0.00
Adición al 1.0% (23 kg/m ³)	289	-4.58
Adición al 1.5% (34 kg/m ³)	310	2.12
Adición al 2.0% (46 kg/m ³)	326	7.52

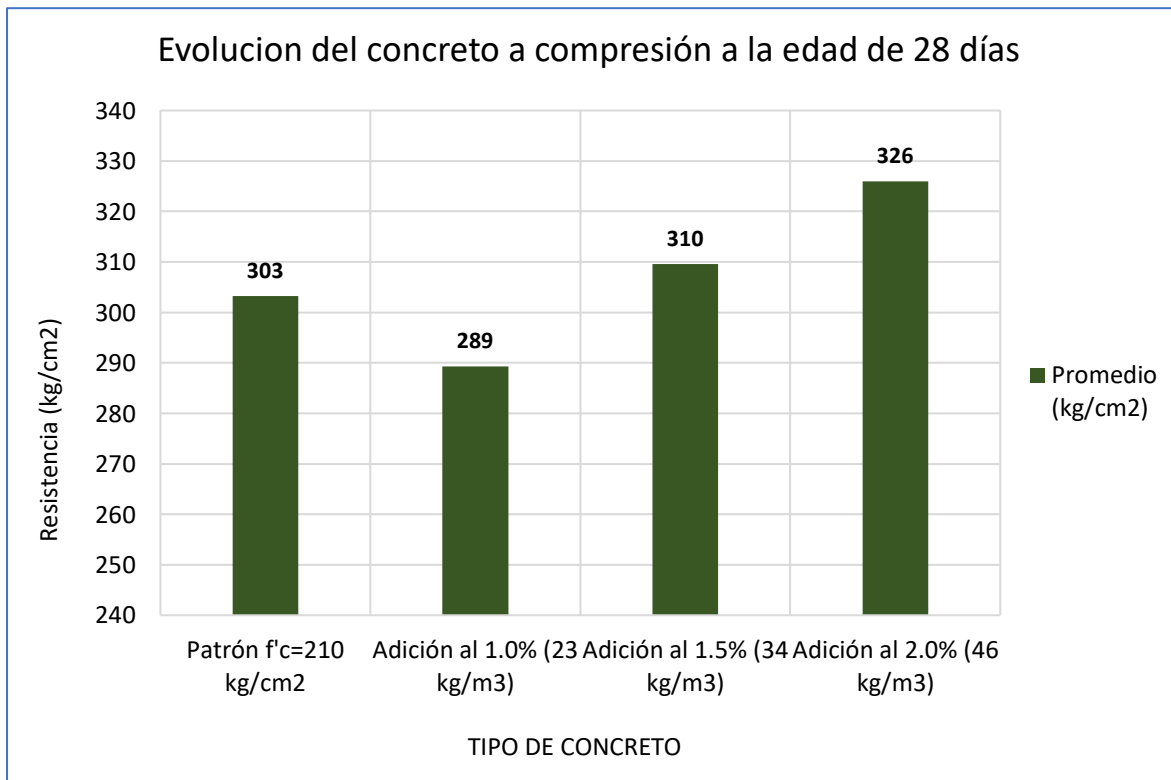


Figura N°15. Evolución del concreto a compresión a la edad de 28 días

Interpretación: de los especímenes ensayados a compresión a la edad de 28 días, se observa que para la incorporación del 1.5% de fibra de acero Dramix, hay un incremento en la resistencia del 2.12%, así mismo, para la incorporación del 2% de fibra de acero Dramix, existe un incremento del 7.52%; caso contrario para la incorporación del 1% que decae en 4.58% respecto al valor del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al igual que los ensayos de los 7 y 14 días, la resistencia del concreto con el 1% de incorporación de fibra de acero Dramix, decae significativamente; mientras que para el 1.5% su resistencia decae a los 7 días, se incrementa a los 28 días, en menor porcentaje respecto a los 14 días, así mismo, la resistencia del concreto con incorporación del 2% decae ligeramente a los 7 y 14 días, incrementándose significativamente a la edad de 28 días.

Haciendo un comparativo general de los resultados de los especímenes ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días, se tiene:

Tabla N°58. Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 1% de fibra de acero Dramix

EDAD	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Con fibra de acero (1%)
7 días	235	202
14 días	249	239
28 días	303	289

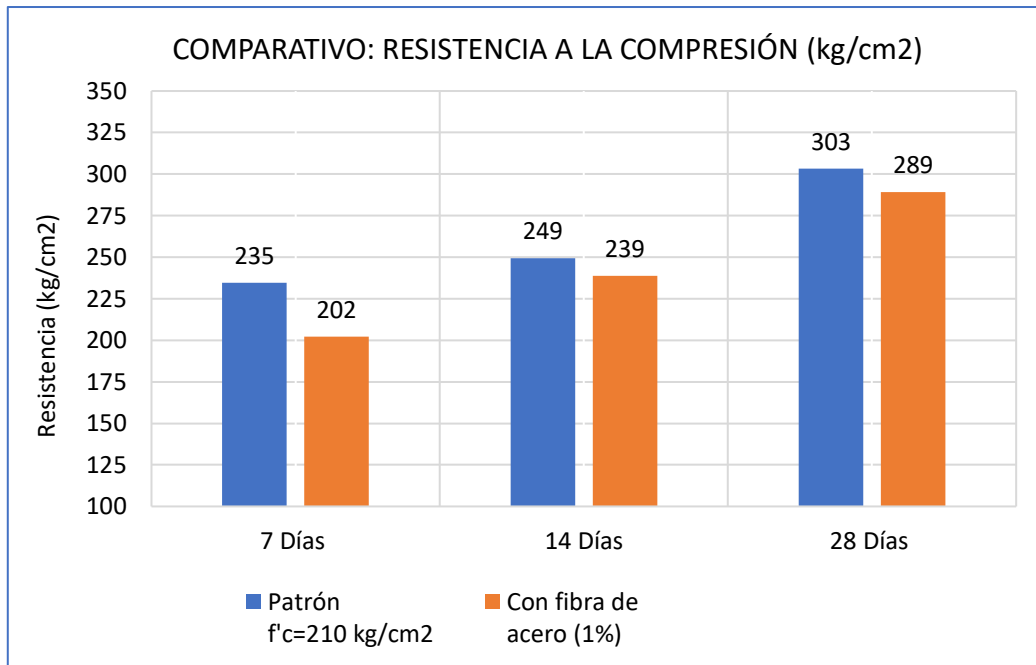


Figura N°16. Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 1% de fibra de acero

Tabla N°59. Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 1.50% de fibra de acero Dramix

EDAD	Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Con fibra de acero (1.5%)
7 días	235	219
14 días	249	264
28 días	303	310

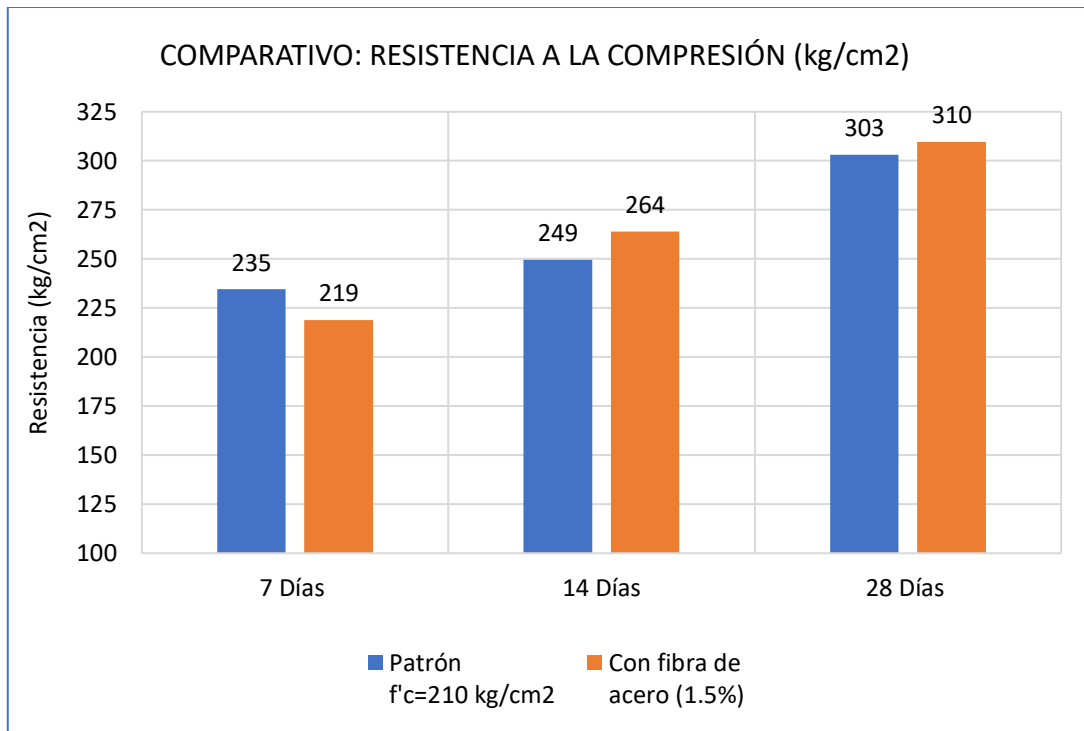


Figura N°17. Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 1.5% de F.A

Tabla N°60. Comparación de la evolución del concreto patrón VS con incorporación del 2% de fibra de acero Dramix

EDAD	Patrón f'c=210 kg/cm²	Con fibra de acero (2%)
7 días	235	234
14 días	249	246
28 días	303	326

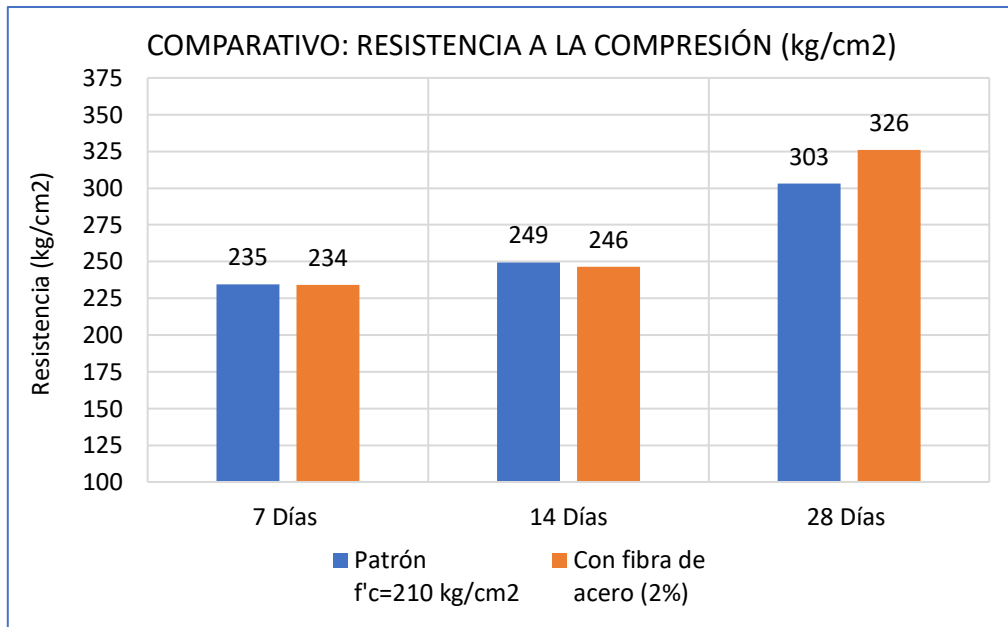


Figura N°18. Evolución Concreto patrón vs. Con incorporación del 2% de fibra de acero

Tabla N°61. Resumen general de los ensayos a compresión

EDAD	Patrón f'c=210 kg/cm ²	Adición al 1.0% (23 kg/m ³)	Adición al 1.5% (34 kg/m ³)	Adición al 2.0% (46 kg/m ³)
7 días	235	202	219	234
14 días	249	239	264	246
28 días	303	289	310	326

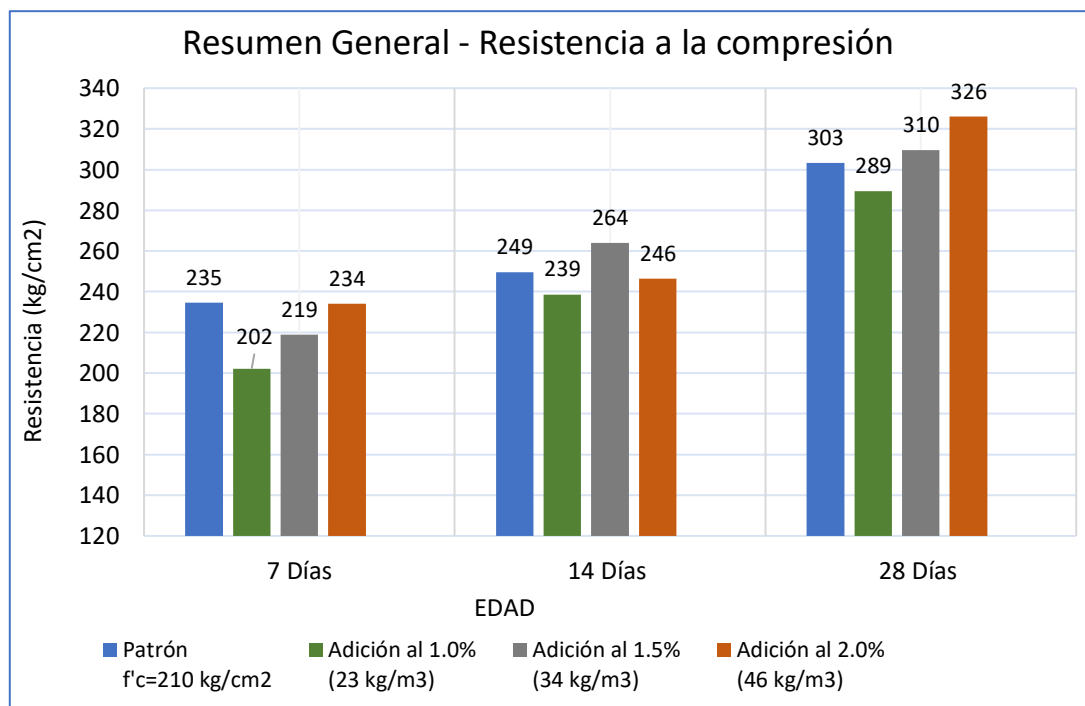


Figura N°19. Resumen general de los ensayos a compresión

4.3 Contrastación de hipótesis

Del análisis de resultados presentados en el ítem 4.2.3, se contrasta la hipótesis: “La incorporación de la fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG en el concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ incrementa su resistencia a la compresión del concreto en un 25%”, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°62. Comparativo de la influencia de la fibra en el concreto

Tipo de Concreto	Tipo de ensayo a los 28 días
	Compresión
Concreto incorporado con fibra de acero al 1.0%	Disminuye en 4.58 %
Concreto incorporado con fibra de acero al 1.5%	Aumenta en 2.12 %
Concreto incorporado con fibra de acero al 2.0%	Aumenta en 7.52 %

De la tabla anterior, se muestran los resultados porcentuales de las 3 dosificaciones de fibra de acero Dramix, midiendo así, su influencia en el concreto, de tal modo que se analiza lo siguiente:

Del concreto con incorporación de fibra de acero Dramix al 1% con respecto de su peso unitario existe una disminución de la resistencia a la compresión en un 4.58%, no afectando significativamente la trabajabilidad y el asentamiento del mismo; para las dosificaciones del 1.5% y 2% de incorporación de fibra de acero Dramix en el concreto, existe un incremento en la resistencia a la compresión del 2.12% y 7.52%, respectivamente; a la vez, el porcentaje de incorporación, afecta significativamente su trabajabilidad y asentamiento del mismo.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Según los resultados de las tres dosificaciones (1%, 1.5% y 2%) de incorporación de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG respecto al peso unitario del concreto, que se tuvieron en cuenta; la adición del 2% de fibra de acero, incrementó la resistencia a la compresión del concreto hasta un 7.52%, siendo este porcentaje de incorporación el más óptimo.
- De la evaluación de los especímenes de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibra de acero, ensayados a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, contrastando con los valores del concreto patrón ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$), arrojaron los siguientes valores:
 - Al 1% de incorporación de fibra de acero, a la edad de 7 días, su resistencia decae en 13.77%, y para las edades de 14 y 28 días, disminuye en 4.35% y 4.58%, respectivamente.
 - Al 1.5% de incorporación de fibra de acero, a la edad de 7 días, decae en 6.68%, incrementando su resistencia en las evaluaciones de las edades de 14 y 28 días, con valores del 5.77% y 2.12%, respectivamente.
 - Al 2% de incorporación de fibra de acero, a la edad de 7 días, su resistencia baja en 0.19%, para la edad de 14 días, su resistencia disminuye en 1,24%, y para la edad de 28 días, su resistencia a la compresión se incrementa hasta 7.52%.
- De la dosificación del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en volumen, las proporciones de los materiales resultan en 1: 2.08: 2.42: 0.56 del cemento, agregado fino, agregado grueso y agua efectiva.
- De los ensayos de Slump, se obtiene que: para el 1% de incorporación la fibra de acero Dramix su valor de asentamiento es de 3" a 4", no tiene mayor efecto en el asentamiento del concreto; para el 1.5% y 2" de incorporación de fibra de acero Dramix, su valor de asentamiento se comprende entre 0" a 2", la cual constituyen una consistencia seca, disminuyendo significativamente la trabajabilidad del mismo. Para el uso del 1.5% y 2% de incorporación de fibra de acero Dramix 5D en el concreto, se debe considerar un aditivo plastificante, por la influencia de las fibras en la consistencia del concreto

fresco.

- La dosificación de fibra de acero Dramix 5D, según los resultados contrastados, no deben ser menor a 30 kg por metro cubico de concreto.

5.2 Recomendaciones

- La evaluación de la influencia en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210$ kg/cm² con la adición de fibra de acero Dramix 5D 65/60 BG, con mayores porcentajes de incorporación y mayores resistencias a compresión; superiores a este estudio, considerando materiales de proveedores certificados.
- Realizar investigaciones utilizando la fibra de acero (Dramix 5D 65/60 BG) y evaluar el comportamiento mecánico del concreto respecto a flexión y tracción indirecta.
- La implementación de los laboratorios de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, F. (2000). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L

Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. LIMA-PERÚ. Consejo nacional

Castiblanco & Carrero (2015). *Estudio Teórico y Experimental del Comportamiento del Hormigón con Materiales no Convencionales: Fibras de vidrio y Fibra de Carbono, Sometido a Esfuerzos de Compresión*.

Condori, J. (2016). *Análisis de la incidencia de las fibras de acero Dramix en el comportamiento elástico del concreto empleando el cemento portland tipo IP*. Tesis profesional para optar el título de ingeniero civil. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca-Perú

Cusquisiván, M. & Sáenz, J. (2017). *Comparación de la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de acero con respecto al concreto tradicional para pavimentos rígidos*. Cajamarca – Perú

Ramos, N. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero*. Tesis profesional para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca – Perú

López, J. (2015). *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: Influencia del tipo y consumo de fibra adicionado*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Dramix - Bekaert.com/*Ficha técnica Dramix 5D 65/60 BG*

NTP 339.047. (2014). Rev. 2019. *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados*. Lima, Perú: 3ª Edición

NTP 334.001. (2011). *CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura*. Lima, Perú: 3ª Edición

NTP 334.009. (2005). *CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: 2ª Edición

NTP 339.034. (2015). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú: 4ª Edición

NTP 339.035. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Perú: 3ª Edición

NTP 339.046. (2008). Rev. 2013. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón*. Lima, Perú: 2ª Edición

NTP 339.088. (2014). Rev. 2019. *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: 3ª Edición

NTP 339.183. (2013). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. Lima, Perú: 2ª Edición

NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú: 2ª Edición

NTP 339.204. (2016). *CONCRETO. Especificación normalizada del concreto reforzado con fibra*. Lima, Perú: 3ª Edición

- NTP 400.010. (2011). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú: 3ª Edición
- NTP 400.011. (2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones(concretos)*. Lima, Perú: 2ª Edición
- NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: 2ª Edición
- NTP 400.017. (2016). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú: 3ª Edición
- NTP 400.018. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados*. Lima, Perú: 2ª Edición
- NTP 400.021. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: 2ª Edición
- NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú: 2ª Edición
- NTP 400.037. (2013). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)*. Lima, Perú: 3ª Edición
- NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos* Lima, Perú: 3ª Edición
- NTP 400.43. (2015). *AGREGADOS. Practica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo*. Lima, Perú: 3ª Edición
- Mármol, P. (2010). *Hormigones con fibra de acero, características mecánicas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Neville, A. (2013). *Tecnología del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Pag 94*.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. 2º edición LIMA: Colegio de ingenieros del Perú

Reglamento Nacional de Edificaciones, *Título III Edificaciones. Título III.2 Estructuras. E.060 concreto armado*

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto. LIMA: Capítulo peruano ACI*

Rivva, E. (2007). *Diseño de Mezclas*. Lima: American Concrete Institute Perú.

SIKA *Informaciones Técnicas - Concreto reforzado con fibras*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/63523105/SIKA-FIBRA#>

ANEXOS

ANEXO N°1. Propiedades físicas de los agregados de la cantera “Olano SAC”

Contenido de humedad

Tabla N°63. Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad del agregado fino			
Muestra	1	2	3
Peso del agregado húmedo (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso del agregado seco (gr)	479.50	485.30	483.60
Calculo			
Peso del agua	20.50	14.70	16.40
Contenido de humedad	4.10	2.94	3.28
Humedad promedio (%)	3.44		

Tabla N°64. Contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de humedad del agregado grueso			
Muestra	1	2	3
Peso del agregado húmedo (gr)	4000.00	4000.00	4000.00
Peso del agregado seco (gr)	3970.10	3967.20	3980.20
Calculo			
Peso del agua	29.90	32.80	19.80
Contenido de humedad	0.75	0.82	0.50
Humedad promedio (%)	0.69		

Análisis granulométrico

Tabla N°65. Análisis granulométrico del agregado fino

Datos del Ensayo							
Peso de muestra seca:		1000.0					
							g
Peso de muestra lavada:		983.20					
							g
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	
						Límite Inferior (NTP 400.037)	Límite superior (NTP 400.037)
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.00	100	- 100
No4	4.760	66.20	6.62	6.62	93.38	95	- 100
N°8	2.380	109.30	10.93	17.55	82.45	80	- 100
N°16	1.190	155.00	15.50	33.05	66.95	50	- 85
N°30	0.590	181.70	18.17	51.22	48.78	25	- 60
N°50	0.300	225.60	22.56	73.78	26.22	5	- 30
N°100	0.149	186.80	18.68	92.46	7.54	0	- 10
N°200	0.074	56.60	5.66	98.12	1.88	0	- 3
Pasa		18.80	1.88	100.00			

Interpretación

Para estudios de agregado fino, la norma no establece Husos, pero si establece límites inferior y superior, obteniendo, del agregado en mención, que, si cumple con los límites, presentando un mínimo de agregado grueso, que resulta en una cantidad no considerable a tomar en cuenta, además, presenta las siguientes características:

- ✓ Módulo de Fineza = 2.75

Tabla N°66. Análisis granulométrico del agregado grueso

Agregado grueso – Huso 7 (NTP 400.037)

Datos del Ensayo								
Peso de muestra seca:		3500.0 g						
Peso de muestra lavada:		3492.1 g						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido o Parcial	% Retenido Acumulad o	% que Pasa	Especificaciones (Huso 7)		
						Límite Inferior		Límite superior
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							-
3/4"	19.050				100.0	100	-	100
1/2"	12.700	138.00	3.94	3.94	96.06	90	-	100
3/8"	9.525	1476.00	42.17	46.11	53.89	40	-	70
No4	4.760	1797.40	51.35	97.47	2.53	0	-	15
N°8	2.380	88.60	2.53	100.00	0.00	0	-	5
N°16	1.190							
N°30	0.590							
N°50	0.300							
N°100	0.149							
N°200	0.074							
Pasa								

Interpretación

El agregado en mención cumple con los límites inferior y superior del Huso 7 de la NTP 400.037, obteniendo, además, las siguientes características:

- ✓ Módulo de fineza = 2.44
- ✓ Tamaño Máximo del Agregado Grueso = 3/4"
- ✓ Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso = 1/2"

Tabla N°67. Curva granulométrica del agregado fino

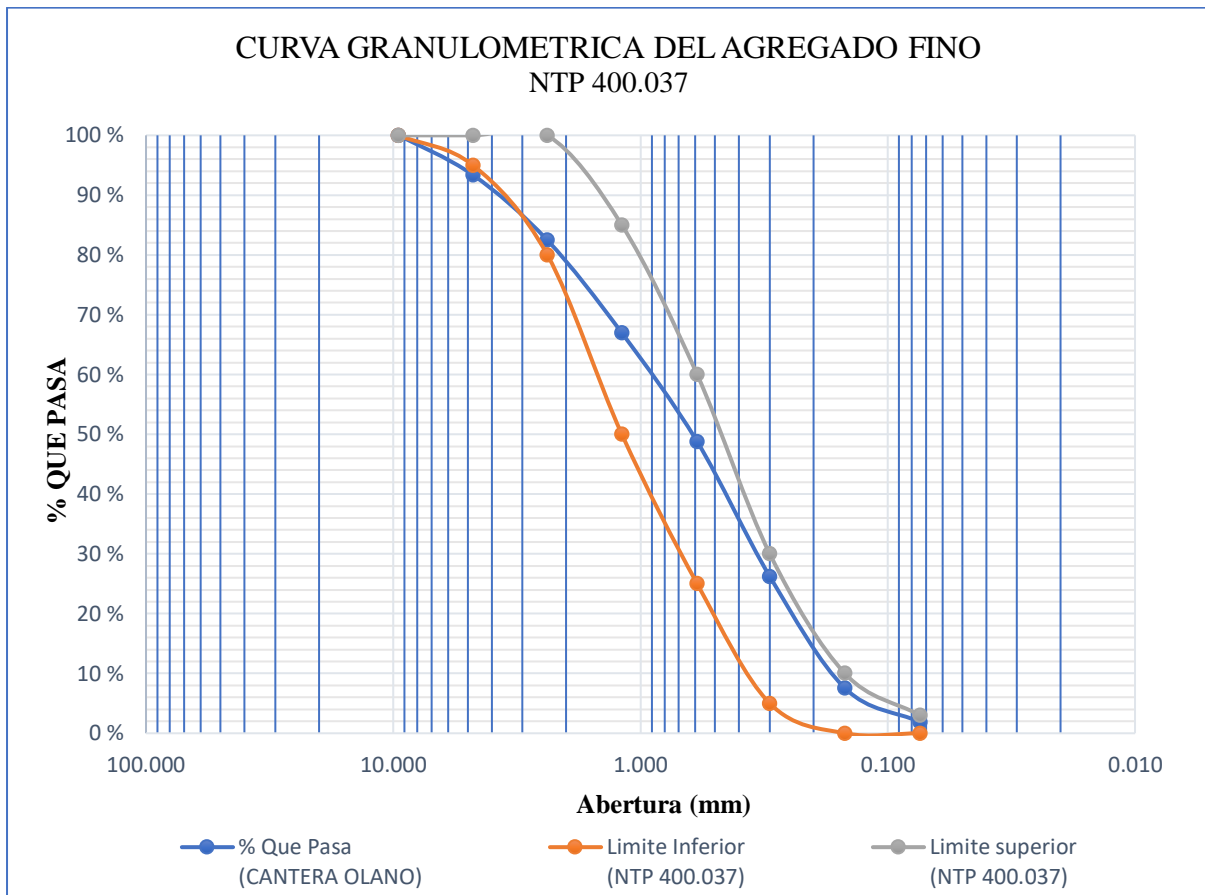
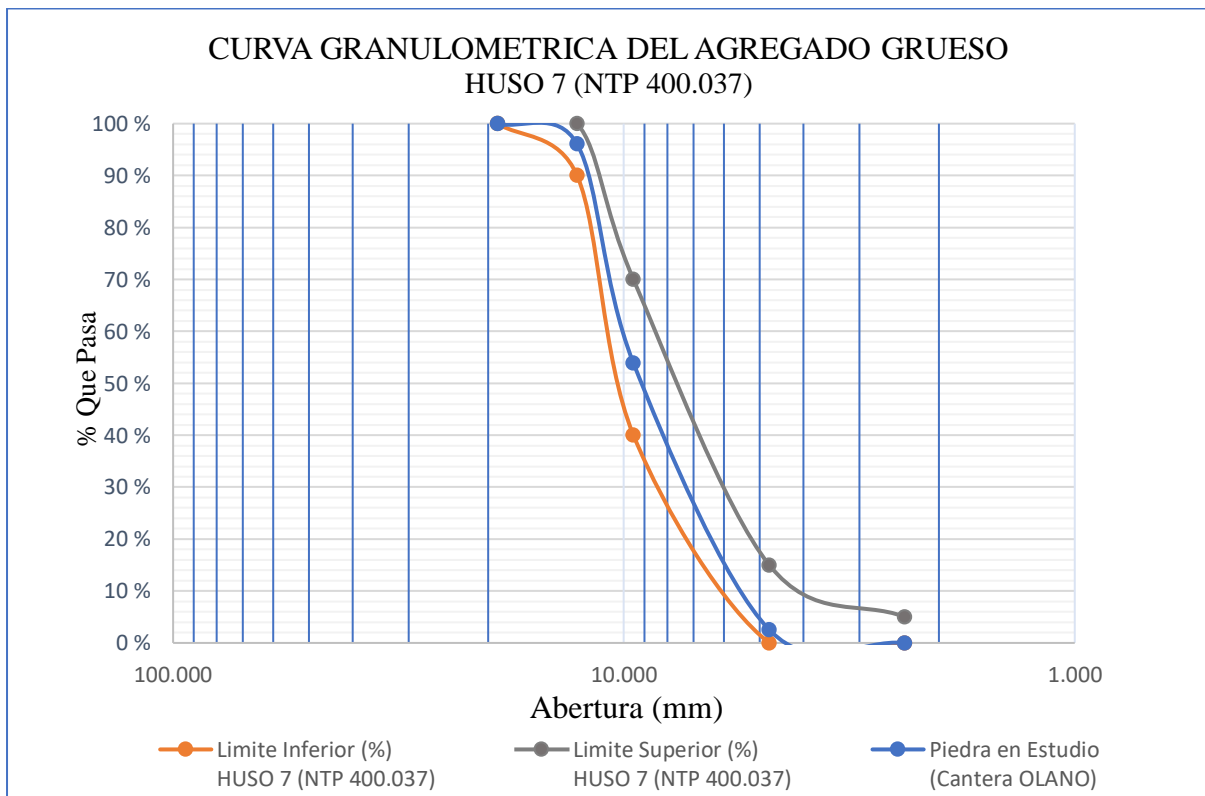


Tabla N°68. Curva granulométrica del agregado grueso



Peso específico y absorción

Tabla N°69. *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino*

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino			
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (gr)	Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)
490.90	910	1223	500
Cálculo			
Peso específico de masa (gr/cm ³)	Peso específico de masa (SSS) (gr/cm ³)	Peso específico aparente (gr/cm ³)	Absorción (%)
2.63	2.67	2.76	1.85

Tabla N°70. *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso			
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	Peso en el aire del agregado saturado con superficie seca (gr)	Peso sumergido en agua del agregado saturado (gr)	
5000.00	5038	3153	
Cálculo			
Peso específico de masa (gr/cm ³)	Peso específico de masa (SSS) (gr/cm ³)	Peso específico aparente (gr/cm ³)	Absorción (%)
2.65	2.67	2.71	0.76

Peso Unitario

Tabla N°71. *Peso unitario del agregado fino*

Peso unitario del agregado fino							
DESCRIPCIÓN	UND.	Suelto			Varillado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del recipiente + muestra	(gr)	6538	6548	6565	6854	6896	6909
Peso del recipiente	(gr)	2283	2283	2283	2283	2283	2283
Peso de la muestra	(gr)	4255	4265	4282	4571	4613	4626
Volumen	(cm ³)	2511	2511	2511	2511	2511	2511
Peso Unitario	(kg/m ³)	1695	1699	1705	1820	1837	1842
Peso Unitario Promedio	(kg/m³)		1699			1833	

Tabla N°72. *Peso unitario del agregado grueso*

Peso unitario del agregado grueso							
DESCRIPCIÓN	UND.	Suelto			Varillado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del recipiente + muestra	(gr)	19743	19750	19780	20434	20462	20426
Peso del recipiente	(gr)	6420	6420	6420	6420	6420	6420
Peso de la muestra	(gr)	13323	13330	13360	14014	14042	14006
Volumen	(cm ³)	9226	9226	9226	9226	9226	9226
Peso Unitario	(kg/m ³)	1444	1445	1448	1519	1522	1518
Peso Unitario Promedio	(kg/m³)		1446			1520	

Material fino que pasa el tamiz normalizado N°200

Tabla N°73. Material fino que pasa el tamiz normalizado N°200 (Agregado Fino)

Agregado Fino	
CANTERA "MANUEL OLANO SAC"	
Datos del ensayo	
A	Peso de la muestra seca 500.00
B	Peso de la muestra seca después del lavado 487.40
% QUE PASA EL TAMIZ N°200 = 2.52 %	

Tabla N°74. Material fino que pasa el tamiz normalizado N°200 (Agregado Grueso)

Agregado Grueso	
CANTERA "MANUEL OLANO SA"-Piedra chancada de 1/2"	
Datos del ensayo	
A	Peso de la muestra seca 3500.00
B	Peso de la muestra seca después del lavado 3492.10
% QUE PASA EL TAMIZ N°200 = 0.23 %	

ANEXO N°2. Rendimiento del concreto en estado fresco

Tabla N°75. Cantidad de material para 0.12 m³ de concreto patrón $f'c=210$ kg/cm²

Dosificación del concreto por m³	Cantidad	Tanda (m³)	Cant. X Tanda
Cemento =	364 kg	0.12	43.7 kg
Agregado fino =	859 kg	0.12	103.1 kg
Agregado grueso =	849 kg	0.12	101.9 kg
Agua =	203 Lt	0.12	24.4 kg
TOTAL =			273.0 kg

Tabla N°76. Rendimiento del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción	Cant.	Und
Masa total de todos los materiales en la tanda (M)	273.0	kg
Densidad (PU) del concreto (D)	2330	kg/m ³
Rendimiento del concreto patrón x tanda =	0.12	m³

Rendimiento por dosificación del 1% de incorporación de fibra de acero respecto al volumen del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla N°77. Cantidad de material por tanda de 0.12 m³ de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 1% de fibra de acero respecto a su volumen.

Dosificación del concreto por m ³	Cantidad	Tanda (m ³)	Cant. X Tanda
Cemento =	361 kg	0.12	43.3 kg
Agregado fino =	851 kg	0.12	102.1 kg
Agregado grueso =	841 kg	0.12	100.9 kg
Agua =	201 Lt	0.12	24.1 kg
Fibra de Acero =	23 kg	0.12	2.8 kg
		TOTAL =	273 kg

Tabla N°78. Rendimiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de acero al 1% respecto a su volumen.

Descripción	Cant.	Und
Masa total de todos los materiales en la tanda (M)	273.2	kg
Densidad (PU) del concreto (D)	2339	kg/m ³
Rendimiento del concreto (m ³) =	0.12	m³

Rendimiento por dosificación del 1.50 % de incorporación de fibra de acero respecto al volumen del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla N°79. Cantidad de material por tanda de 0.12 m³ de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 1.50 % de fibra de acero respecto a su volumen.

Dosificación del concreto por m³	Cantidad	Tanda (m³)	Cant. X Tanda
Cemento =	359 kg	0.12	43.1 kg
Agregado fino =	846 kg	0.12	101.5 kg
Agregado grueso =	837 kg	0.12	100.4 kg
Agua =	200 Lt	0.12	24.0 kg
Fibra de Acero =	34 kg	0.12	4.1 kg
		TOTAL =	273 kg

Tabla N°80. Rendimiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de acero al 1.50% respecto a su volumen.

Descripción	Cant.	Und
Masa total de todos los materiales en la tanda (M)	273.1	kg
Densidad (PU) del concreto (D)	2337	kg/m ³
Rendimiento del concreto (m ³) =	0.12	m³

Rendimiento por dosificación del 2% de incorporación de fibra de acero respecto al volumen del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla N°81. Cantidad de material por tanda de 0.12 m³ de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 2 % de fibra de acero respecto a su volumen.

Dosificación del concreto por m³	Cantidad	Tanda (m³)	Cant. X Tanda
Cemento =	357 kg	0.12	42.8 kg
Agregado fino =	842 kg	0.12	101.0 kg
Agregado grueso =	832 kg	0.12	99.8 kg
Agua =	199 Lt	0.12	23.9 kg
Fibra de Acero =	46 kg	0.12	5.5 kg
		TOTAL =	273 kg

Tabla N°82. Rendimiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de acero al 2% respecto a su volumen.

Descripción	Cant.	Und
Masa total de todos los materiales en la tanda (M)	273.1	kg
Densidad (PU) del concreto (D)	2315	kg/m ³
Rendimiento del concreto (m ³) =	0.12	m³

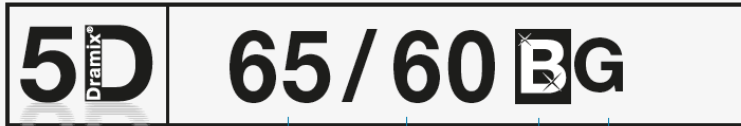
Interpretación

Dado que las cantidades por tanda de concreto están valoradas al peso unitario del concreto patrón nos resulta igual el peso por tanda y consecuentemente igual en rendimiento para las 3 dosificaciones y el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diferenciándose en cuanto a su dosificación por materiales componentes del concreto para cada porcentaje de incorporación de fibra de acero.

ANEXO N°3. Ficha técnica de la fibra de acero Dramix 5D



Dramix®



Esbeltez Longitud Acero gris (Bright) Encolada (Glued)

FICHA TÉCNICA

Características

Propiedades del material

Resistencia Nominal a la tracción: 2.300 (N/mm²)
 Módulo de Young: 200.000 (N/mm²)
 Deformación máxima en tracción: 6,0 %

Geometría

Gama de fibras **5D**

Longitud (l) 60 mm

Diámetro (d) 0,9 mm

Ratio de esbeltez (l/d) 65

Mínima dosificación según EN 14889-1

15 kg/m³

Red de fibras

2.999 m/m³ por 15 kg/m³
 3.124 fibras/kg

Gama Dramix®

3D Aplicaciones estándar HRFA
 4D Elevado control en servicio
 5D Aplicaciones estructurales avanzadas

	5D	4D	3D
Resistencia a tracción	█	█	█
Ductilidad del alambre	█	█	█
Resistencia de anclaje	█	█	█

Certificados del producto *



* Los certificados del producto son específicos de las plantas de producción.

Conformidad del producto

Dramix® cumple con las normas técnicas ASTM ASTM A820, EN 14889-1 e ISO 13270 clase A.

Certificados del sistema



Todas las plantas industriales Dramix® cuentan con el certificado ISO 9001 e ISO 14001.

Embalaje



SACOS
10 / 20 kg

BIG BAG
800 - 1.100 kg

Manipulación



DRAMIX® 5D 65/60BG

Anclaje definitivo

Dramix® 5D permanece totalmente anclada dentro del hormigón. Al igual que las barras de armadura, el acero se alarga lentamente soportando las tensiones de tracción. Esta fibra es la solución perfecta para aplicaciones estructurales.

Tecnología encolada para refuerzo tridimensional

Las fibras de acero Dramix® están unidas con cola soluble en agua. La cola ayuda a evitar la formación de bolas de fibras durante el amasado y garantiza una distribución homogénea de las fibras en toda la mezcla de hormigón.

Bekaert Soporte técnico Bekaert

Puede contar con nuestro equipo de soporte para cada fase de su proyecto, desde el anteproyecto hasta durante la ejecución. Nuestros servicios incluyen recomendaciones sobre diseño de pavimentos, detalles de constructivos, optimización del hormigón y procedimientos automáticos de control de calidad. También nos complace compartir nuestros conocimientos con usted y su equipo. No dude en solicitarnos un seminario o formación sobre el refuerzo de fibras de acero en sus oficinas.

Para recomendaciones sobre manejo, dosificación y mezcla visite www.bekaert.com/dosingdramix. Cualquier otro documento específico o certificado se puede encontrar en www.bekaert.com/dramix/downloads.

Bekaert se reserva el derecho a modificar, renombrar o suspender la producción de este producto en cualquier momento con o sin previo aviso. Toda la información aquí contenida es general y puede no estar completa. Para más información póngase en contacto con la oficina local de Bekaert.

ANEXO N°4. Constancia de ejecución de ensayos de materiales

CEIMSUP

CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidro lógicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería



GRUPO EDICAM S.A.C.

Cal. Capitan Quiñones Nro. 100 Urb. Cercado Jaén Cajamarca - Jaén - Jaén
Email: grupoedicamsac@gmail.com

Ejecución, Supervisión De Obras, Elaboración De Expedientes Técnicos, Estudios Topográficos Control De Calidad, Estudios Geotécnicos, Estudios De Mecánica De Suelos, Estudios De Canteras, Tecnología Del Concreto, Tecnología Del Asfalto, Diseño De Pavimentos y Servicios en General.

CONSTANCIA

El que suscribe es, **Sr. EDIN DELGADO CHINGO**, identificado con **DNI N° 73140904**, en calidad de Gerente General de "GRUPO EDICAM S.A.C" con Numero de Ruc: 20606920751 y **CEIMSUP-CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**, con certificación INDECOPI: 00128427, empresa dedicada al servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidrológicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería, desde la fecha 23 de febrero de 2021.

HACE CONSTAR:

Que el **SR. ANDERSON ABELINO NÚÑEZ HUAMÁN**, identificado con **DNI N° 76394588**, ex alumno de la escuela académico profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha realizado trabajos en el laboratorio CEIMSUP-CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS, para la tesis titulada: INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE FIBRA DE ACERO DRAMIX 5D 65/60 BG EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM2 EN LA CIUDAD DE JAEN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" dichos ensayos se realizaron desde el 02 de marzo hasta el 20 de abril del 2023 llevándose a cabo las siguientes actividades:

- Realización de los ensayos para la evaluación de los materiales utilizados en el diseño de mezcla: análisis granulométrico del agregado grueso, análisis granulométrico del agregado fino, contenido de humedad del agregado fino y grueso, peso unitario suelto y varillado del agregado fino y grueso, material pasante el tamiz N°200, peso específico y absorción del agregado grueso, gravedad específica y absorción del agregado fino.
- Elaboración de los testigos cilíndricos de concreto $f'c=210$ kg/cm2 con agregados de la cantera Olano.
- Elaboración de los testigos cilíndricos de concreto $f'c=210$ kg/cm2 adicionando 1% de fibra de acero Dramix 5D 65/60 B6.
- Elaboración de los testigos cilíndricos de concreto $f'c=210$ kg/cm2 adicionando 1.5% de fibra de acero Dramix 5D 65/60 B6.
- Elaboración de los testigos cilíndricos de concreto $f'c=210$ kg/cm2 adicionando 2% de fibra de acero Dramix 5D 65/60 B6.
- Finalmente se realizaron las roturas de los testigos cilíndricos de concreto a compresión.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado.

GRUPO EDICAM S.A.C.
Edin Delgado Chingo
Edin Delgado Chingo
GERENTE GENERAL



Jaén, 26 de Abril del 2023.

ANEXO N°5. Registro de la propiedad industrial del laboratorio



Registro de la Propiedad Industrial Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00128427

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 005424-2021/DSD - INDECOPI de fecha 23 de febrero de 2021, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación CEIMSUP y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidrológicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0877194-2020

Titular : GRUPO EDICAM S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 23 de febrero de 2031

Tomo : 0643

Folio : 041

Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



Pág. 1 de 1



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento**b20w2a0ha5**

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú, Telf. 224-7800, Web: www.indecopi.gob.pe

ANEXO N°6. Certificación de calibración de equipos

LABORATORIO DE METROLOGÍA





**CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTIA**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:
Instrument

Rangos
Measurement range

FABRICANTE
Manufacturer

Modelo
Model

Serie
Identification number

Ubicación de la máquina
Location of the machine

Norma de referencia
Norm of used reference

Intervalo calibrado
Calibrated interval

Solicitante
Customer

Dirección
Address

Ciudad
City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)
Measurement standard

Tipo / Modelo
Type / Model

Rangos
Measurement range

Fabricante
Manufacturer

No. serie
Identification number

Certificado de calibración
Calibration certification

Incertidumbre de medida
Uncertainty of measurement

Método de calibración
Method of calibration

Unidades de medida
Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN
Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN
Date of issue

NÚMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of this certificate including documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatures

Téc. Gimber Huamán Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

1 000 kN

G&L LABORATORIO

GLG-180

57-21

LAB. DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTO DE GRUPO EDICAM S.A.C – CEIMSUP

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

GRUPO EDICAM S.A.C – CEIMSUP

CAL. CAPITAN QUIÑONES NRO. 100 URB. CERCADO JAEN CAJAMARCA - JAEN – JAEN

T71P / ZSC

150 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / 5M56609

N° INF – LE 190 – 22

0.060 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2023 – 01 – 29

2023 – 02 – 03

3







Correos:

laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 58 - 14

Celular: 992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **5F3-2023 GLF**
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA ELÉCTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	100.00	100.11	99.39		99.77	
20	200.00	200.66	199.46		200.17	
30	300.00	300.26	300.08		300.17	
40	400.00	398.81	401.53		399.63	
50	500.00	501.42	498.63	No Aplica	500.05	No Aplica
60	600.00	597.83	603.00		600.70	
70	700.00	699.34	696.92		697.77	
80	800.00	800.81	805.57		803.61	
90	900.00	892.08	891.66		891.76	
100	1 000.00	1000.08	1001.78		1001.21	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
10	100.00	0.24	0.72			0.020	0.423
20	200.00	-0.05	0.60			0.010	0.355
30	300.00	-0.06	0.06			0.007	0.084
40	400.00	0.00	0.68			0.005	0.409
50	500.00	-0.01	0.56	No Aplica	No Aplica	0.004	0.329
60	600.00	-0.08	0.86			0.003	0.503
70	700.00	0.29	0.35			0.003	0.214
80	800.00	-0.41	0.59			0.003	0.351
90	900.00	0.92	0.05			0.002	0.084
100	1 000.00	-0.10	0.17			0.002	0.121
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	No Aplica		

Técnico de Calibración: Euler Ramon Tiznado Becerra

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 29.2 °C Humedad Mínima: 55.0 %Hr
Temperatura Máxima: 29.2 °C Humedad Máxima: 55.0 %Hr



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **5F3-2023 GLF**
Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,92	0,86	No Aplica	No Aplica	0,00	0,010

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 1 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: B504530209 / 5M56609, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,060 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE 190 – 22.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. **5F3-2023 GLF**

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmer Alvarado Poma
Responsable Laboratorio de Metrología



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

ANEXO N°7. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°20. Obtención de agregado grueso de la cantera “Manuel Olano SAC”



Figura N°21. Obtención de agregado fino de la cantera “Manuel Olano SAC”



Figura N°22. Procedimiento de cuarteo para la selección de muestras de los agregados



Figura N°23. Ejecución de los ensayos de granulometría de los agregados



Figura N°24. Pesaje de la muestra de agregado grueso para ensayo de granulometría



Figura N°25. Realización del peso unitario suelto



Figura N°26. Ejecución del peso unitario varillado



Figura N°27. Realización del peso específico y absorción del agregado fino



Figura N°28. Secado de muestras



Figura N°29. Realización de lavado por tamiz normalizado N°200



Figura N°30. Elaboracion de concreto con incorporacion de fibra de acero al 1%



Figura N°31. Concreto con incorporación de fibra de acero Dramix



Figura N°32. Rotura de testigos de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Figura N°33. Rotura de testigos de concreto con adición de fibra de acero



Figura N°34. Rotura de testigos a la edad de 28 días.



Figura N°35. Fallas típicas en los especímenes ensayados